Főnix-program



A Főnix embléma tervezője: Krustovin August

Szemléltető grafikák: Gadár Roland

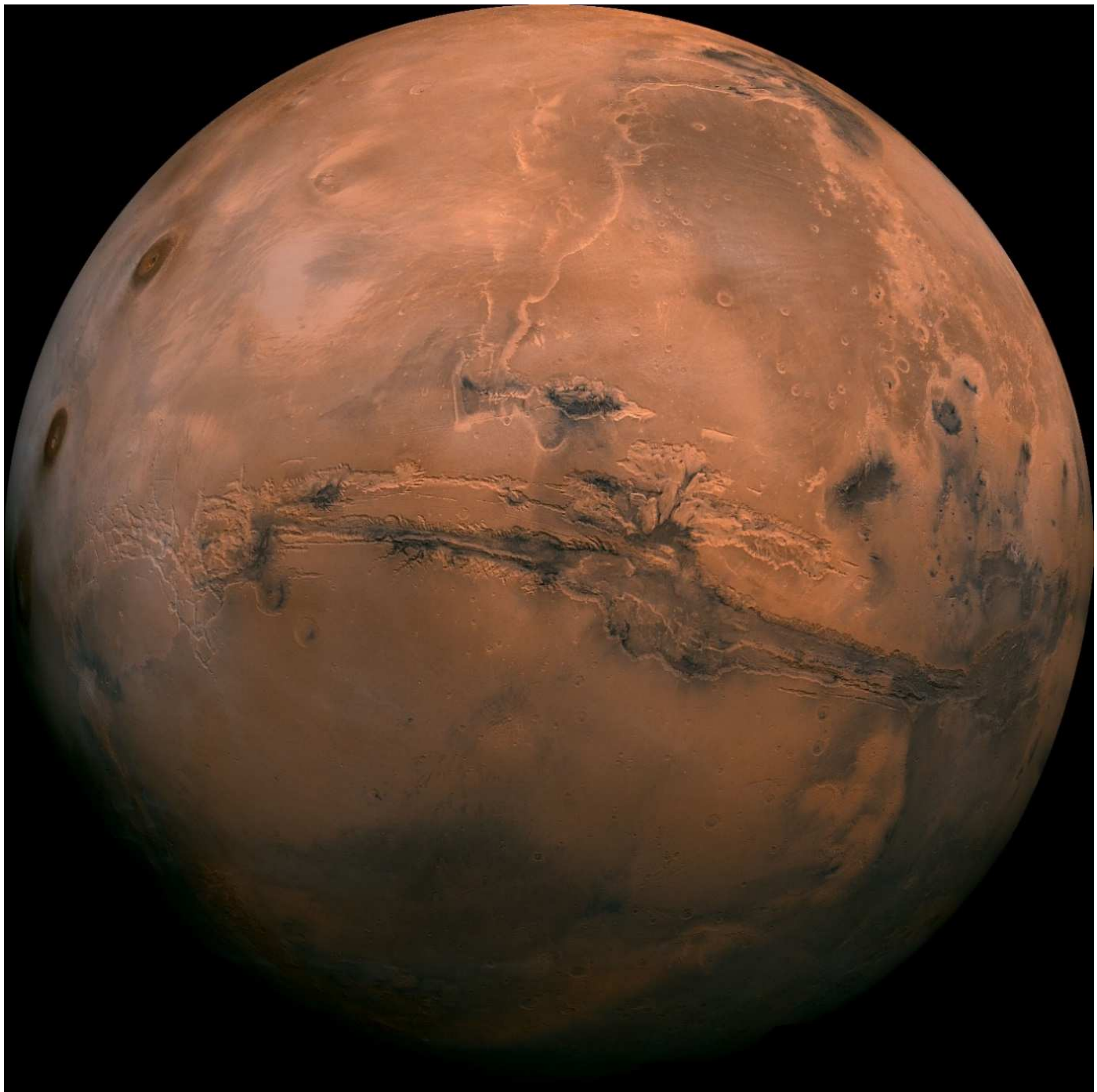
2022

Tartalomjegyzék

Bevezető: Utunk a Marsra

Az emberi történelem az individualizmus krónikája, amelyben híres és hírhedt emberek megannyi sikere és bukása kovácsolta az újabb és újabb generációk tudását a múltról, illetve hitét a jövőről. A történelem kimagasló személyeinek nevei örökre fennmaradnak, sugárutakra, hidakra vagy épp iskolákra aggatva, azonban ahogy például nincs sikeres hadjárat önfeláldozó bakák nélkül, úgy nincs sikeres tudományos eredmény sem az azt támogató közösség nélkül. A Mars meghódítása egyszerre kívánja az emberiség legkiválóbbjainak a félelemmel és magánnyal való szembenézést egy nagyon hosszú és veszélyes küldetés alatt, és az átlagemberek lemondását az egyébként közösségfejlesztésre fordítható anyagi források egy részéről. Ez a dokumentum az ezekből fakadó lehetőségeket próbálja bemutatni.

Sashalmi Balázs



__1.__ A Valles Marineris kanyon a Mars felszínén (Kredit: NASA)

1. Fejezet: Légi hordozórakéta-indító rendszer

A hasznos terhet legalább alacsony Föld körüli pályára állítani képes felszíni rakétaindítások rendkívül költségesek, nemcsak maguknak a hordozórakétáknak a gyártási költségei miatt, hanem mert kiterjedt infrastruktúrára van szükség a kilövőállások használatához, amiknél az indításokra való lassú és körülményes felkészülés az időjárásfüggő indítási ablakokkal együtt csak korlátozott számú és előre nem pontosan tervezhető rakétaindításokat tesz lehetővé egy-egy évben.

Márpedig a mélyűri küldetések megvalósíthatósága szempontjából a költséghatékonyság kulcsfontosságú lenne, mert bár a már meglévő hordozórakétákra és űrkikötői infrastruktúrákra támaszkodva is tervezhető egy gyakorlatilag bármennyire komplex emberes mélyűri program, az annak finanszírozásához szükséges dollárszázmilliárdok előteremtésére nincs remény.

A felszíni rakétaindításokhoz képest technológiai ugrást jelent a Stratolaunch vállalat Roc nevű kettős törzsű hordozó repülőgépe, ami 10 kilométeres magasság fölött tud hiperszonikus repülőgépeket illetve hordozórakétákat indítani, kihasználva a ritkább légkör kisebb súrlódását, azonban egy mélyűri programban való felhasználhatóságát lehetetlenné teszi a hordozó repülőgép alacsony, mindössze 226 tonnás teherbírása.

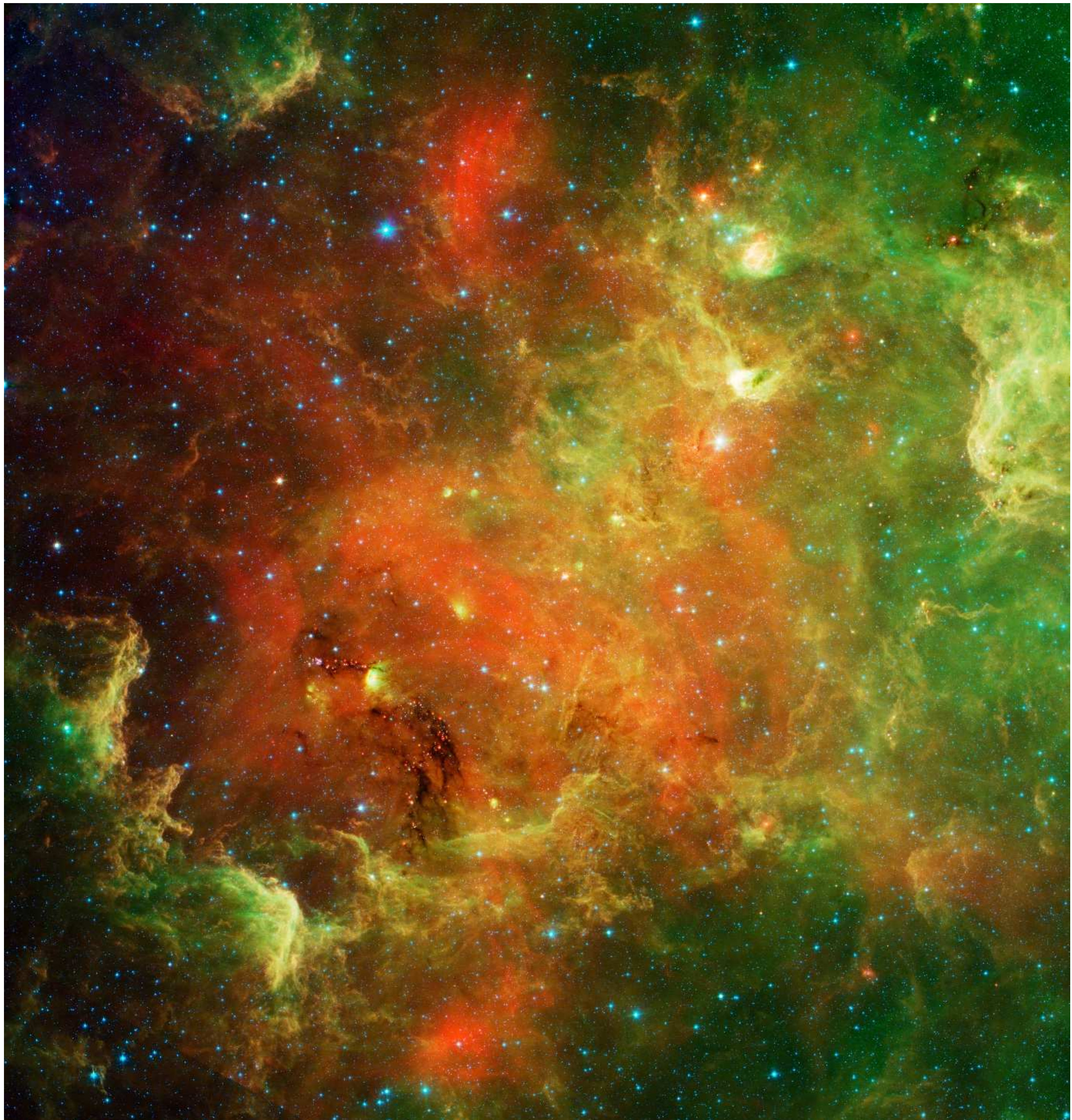


2. Stratolaunch hordozó repülőgép (Kredit: Stratolaunch Systems)

A Stratolaunch hordozó repülőgépének a jelenlegi teherbírásának legalább a dupláját kellene tudnia ahhoz, hogy hasznos tehernek legalább az alacsony Föld körüli pályára való juttatására, mint légi hordozórakéta-indító rendszer valóban alkalmas legyen. Ez viszont megvalósíthatatlan pusztán egy még nagyobb hordozó repülőgép építésével, lévén a Stratolaunch Roc a 117 méteres szárnyfesztávolságával már így is a világ legnagyobb repülőgépe.

Ezért másképp kell előrelépni, és egy nagyobb hagyományos repülőgép helyett a Főnix-program keretében egy hibrid repülőgép kerülne kifejlesztésre. Ez a hibrid repülőgép a Stratolaunch hordozó repülőgépéhez hasonlóan ugyanúgy kettős törzsű lenne, azonban sugárhajtóművek helyett elektromos motorok által forgatott légcsavarokkal repülne.

Bár a légcsavaros hajtással a maximális rakétaindítási magasság illetve sebesség ugyan jelentősen kisebb lenne a sugárhajtóművekkel elérhetőhöz képest, de ezáltal megvalósíthatóvá válna az akár 550 tonnás teherbírás is, ugyanis a kisebb tömegű, hatékonyabb és biztonságosabb elektromos motorok alkalmazása lehetővé teszi, hogy a hordozó repülőgép kívülről, egy másik repülőgépről kapja az azok működtetéséhez szükséges nagymennyiségű energiát, megspórolva a saját áramfejlesztőjének és az annak táplálásához szükséges üzemanyagának a súlyát.



3. Észak-Amerika köd (Kredit: NASA)

Vagyis ez az új fejlesztésű hibrid hordozó repülőgép gyakorlatilag egy légcsavarokkal is rendelkező vitorlázó repülőgép lenne, ami előtt a felszállástól kezdve egy vontató repülőgép haladna, két párhuzamos nagyfeszültségű elektromos kábelen keresztül biztosítva a hordozó repülőgép számára a repüléshez szükséges folyamatos energiaellátást.

Mivel a 10 kilométeres magasság környékén történő légi indításnál a hordozórakéta az űr eléréséhez nem megfelelő vízszintes helyzetből indul, így a hordozórakétának manőverező rakétahajtóművekre vagy szárnyakra van szüksége az indítást követő azonnali függőleges helyzetbe álláshoz. Lévén a manőverező rakétahajtóművek egy több száz tonna súlyú hordozórakéta függőleges helyzetbe állításához rengeteg rakéta-hajtóanyagot fogyasztanának el, ezért a szárnyak használata a súlytakarékosabb megoldás, amiknek pedig nem kell a hordozórakéta első fokozatán, a gyorsítórakétán elhelyezkedniük, mert ha a hordozórakéta második fokozataként egy újrafelhasználható űrrepülőgép szolgál, akkor az a saját szárnyaival már biztosítani tudja a szükséges manővert.



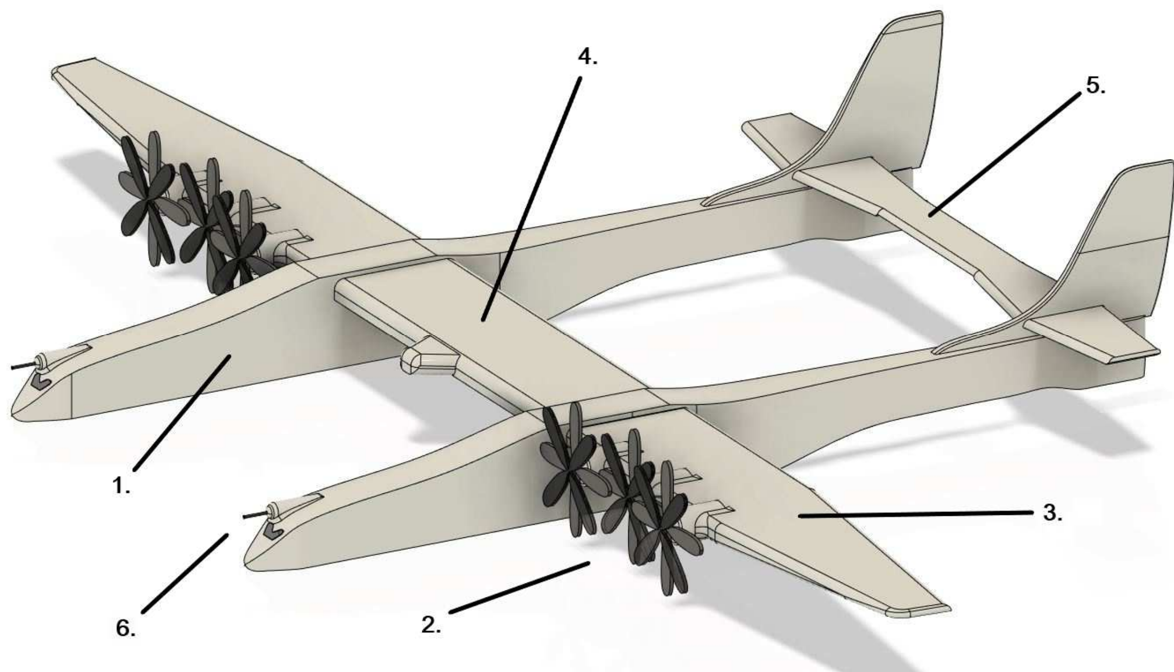
4. SpaceX Falcon 9 (Kredit: SpaceX)

A Főnix-programban gyorsítórakétának a SpaceX Falcon 9 v1.2 hordozórakéta RP-1 kerozint és folyékony oxigént használó első fokozata kerülne áttervezésre, alkalmassá téve a légi feltöltésre és indításra. Ezáltal a hordozó repülőgépről indított hordozórakéták minden esetben teljesen újrafelhasználhatók lennének, ami nemcsak az egyes indítások egységára miatt lényeges, hanem mert azt is lehetővé teszik, hogy az időjárástól függetlenül szinte az év minden napján lehessen rakétaindítást végezni. Ehhez csak annyi újrafelhasználható gyorsítórakétát illetve űrrepülőgépet kell legyártani, amennyivel már lefedhető a kilövések közötti átvizsgálási és karbantartási ciklus.



5. Feketeszem-galaxis (Kredit: ESA)

1.1 A hordozó repülőgép felépítése



6. Hordozó repülőgép (egyszerűsített és nem méretarányos ábra) (Grafika és hozzáadott ötletek: Gadár Roland)

1. A hordozó repülőgép kettős törzse. A Stratolaunch Roc-hoz hasonlóan ebben a két párhuzamos törzsben helyezkednének el a kiengedhető futóművek. Lévén a hordozó repülőgép nem rendelkezne kerozin üzemanyagtartályokkal, így ezek helyett a törzsekbe nagyméretű kriogén tartályok lennének beépítve. Mindkét törzsbe egy-egy folyékony oxigén és egy-egy folyékony hidrogén tartály kerülne. Ezek a nagyméretű kriogén tartályok megfelelő hőszigeteléssel rendelkeznének ahhoz, hogy a kriogén rakéta-hajtóanyag párolgását hosszú időn keresztül megakadályozzák.

2. Koaxiális légcsavarok. Annak érdekében, hogy egy ilyen összsúlyú repülőgépnél a repüléshez szükséges teljesítmény leadása a légcsavarokkal is megoldható legyen, a szárnyakba beépített elektromos motorokra koaxiális elrendezésben kerülnének elhelyezésre a légcsavarok.

3. Megnövelt szárnyfelület. Bár a sugárhajtóművek és a kerozintartályok hiánya nagymértékben csökkenti a hordozó repülőgép szerkezeti tömegét, és több mint 100 tonnát lehet spórolni a repüléshez szükségtelenné váló kerozinon is, pusztán ezek kihagyásával még nem elérhető a kívánt kétszeres teherbíró képesség, lévén a sugárhajtóművek helyett alkalmazott elektromos motorok, illetve a törzsekbe beépített kriogén tartályok már plusz súlyt jelentenek. Ezért a Főnix-program hordozó repülőgépének jelentősen nagyobb sárkányszerkezettel kell rendelkeznie a Stratolaunch Roc-hoz képest, hogy az 550 tonnás teherbírási képesség elérhető legyen.

4. Elülső teherviselő összekötő szárnyelem. A Stratolaunch hordozó repülőgépéhez képest ez az elem nemcsak a hordozórakéta repülés közbeni rögzítésére majd indításkori kioldására szolgálna, hanem egyben a Falcon 9 gyorsítórakéta orrán elhelyezkedő és második fokozatként szolgáló újrafelhasználható űrrepülőgép kriogén rakéta-hajtóanyaggal való indítás előtti feltöltésére is. Ennek érdekében a szárnyelem közepén egy töltő- és rögzítőelem nyúlna ki előrefelé, ami az űrrepülőgépre annak két döntött függőleges vezérsíkja között tudna rákapcsolódni. Ez az előrenyúló elem azért szükséges, mert a gyorsítórakéta közvetlenül a teherviselő összekötő szárnyelemek alatt helyezkedne

el, így a gyorsítórakéta orrára rögzített űrrepülőgép a felfelé kinyúló függőleges vezérsíkjai miatt csak az elülső teherviselő összekötő szárnyelem előtt fér el.

5. Hátulsó teherviselő összekötő szárnyelem. A Főnix-program hordozó repülőgépének kettős törzse a jelentősen nagyobb sárkányszerkezet illetve felszállótömeg miatt még egy ponton összekapcsolásra kerülne. Ez a hátulsó teherviselő összekötő szárnyelem szolgálna egyben a gyorsítórakéta folyékony oxigénnel való indítás előtti feltöltésére is a hordozó repülőgép törzseibe épített kriogén tartályokból.

6. Nagyfeszültségű elektromos kábel csatlakozások. A hordozó repülőgép mindkét törzsének orrán egy-egy csatlakozópont helyezkedne el a vontató repülőgép által párhuzamosan kiengedhető két darab nagyfeszültségű elektromos kábel számára. Ez gyakorlatilag a hajlékony csöves légi utántöltő rendszer elektromos változata lenne. Mindkét nagyfeszültségű elektromos kábel önmagában is alkalmas lenne a hordozó repülőgép energiaellátására, de mivel a vontató repülőgép és a hordozó repülőgép már a felszállás előtt a kifutópályán összekapcsolásra kerülne, így a két nagyfeszültségű elektromos kábelt egyszerre lehetne használni, csökkentve a repülés közbeni véletlen szétkapcsolódás esélyét.



7. Amerikai és szovjet űrhajók tervezett dokkolása (Művészi koncepicó) (Kredit: Robert McCall)

1.2 Újrafelhasználható űrrepülőgépek

A Főnix-program hordozórakétájának második fokozatként szolgáló újrafelhasználható űrrepülőgépei a Space Shuttle Orbiter kisebb, de modernebb változatai lennének, újraélesztve a NASA egykori orbitális űrrepülőgép (OSP) programját. Az űrrepülőgépek kifejezetten az alacsony Föld körüli pálya, elsősorban a hozzávetőleg 400 kilométeres magasságban keringő Nemzetközi Űrállomás (ISS) elérésére kerülnének kifejlesztésre, három különböző változatban.

Ezeknek az űrrepülőgépeknek a fő hajtóműve egy folyékony hidrogénnel és folyékony oxigénnel működő nyomással táplált típusú vákuum-optimalizált rakétahajtómű lenne. Az űrrepülőgépekbe beépített kriogén tartályok kapacitása elegendő lenne legalább az alacsony Föld körüli pálya elérésére, az aktuális küldetés céljaitól függő manőverezésre, majd a légkörbe való visszasüllyedésre. A légkörbe belemerülve az űrrepülőgépek a Space Shuttle Orbiterhez hasonlóan aerodinamikai fékezéssel lassítanának és vitorlázó repüléssel siklópályán érkeznének meg a kijelölt leszállópályára.



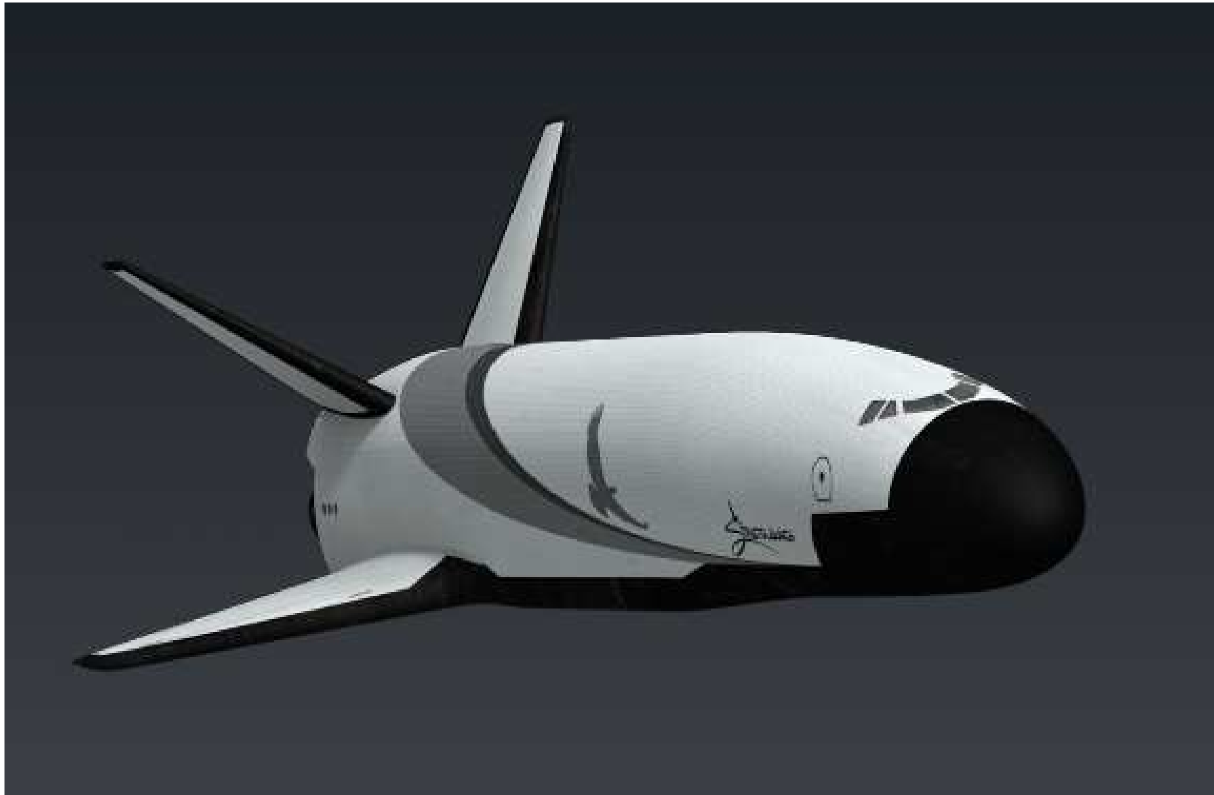
8. Atlantis Orbiter (Kredit: NASA)

A Főnix-program űrrepülőgép változatai a hasznos teher, például a kisebb-nagyobb szatellitek pályára állítására alkalmas legénység nélküli teherszállító változat, az alacsony Föld körüli pályára folyamatosan LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag utánpótlást felhordó szintén távirányítású hajtóanyag-szállító változat, és a Nemzetközi Űrállomás legénységének váltását biztosító személyszállító változat lennének.



9. Az Atlantis űrsikló indítása (Kredit: NASA)

A teherszállító változatú űrrepülőgép törzsében a kriogén rakéta-hajtóanyag tartályok előtt egy henger alakú raktér helyezkedne el, aminek a raktérajtajai távirányítással lennének nyithatók, hogy a pályára állítandó szatellit illetve a kisebb CubeSatok el tudják azt hagyni. Ez az űrrepülőgép változat nem rendelkezze dokkolóegységgel, így a Nemzetközi Űrállomásra szállítandó utánpótlás esetén az űrállomás Canadarm2 mechanikus karja tudná befogni és rögzíteni az űrrepülőgépet, amíg az asztronauták egy űrséta keretében ki nem rakodják azt.



10. Stratolaunch Black Ice űrrepülőgép (Művészi koncepció) (Kredit: Stratolaunch Systems)

A Space Shuttle Orbiterrel ellentétben a Főnix-program személyszállító űrrepülőgépe nem rendelkezne hasznos teher befogadására alkalmas raktérrel, így szatellitek vagy más hasznos terhek Föld körüli pályára állítására nem lenne alkalmas. Ugyanakkor a teherszállító változatú űrrepülőgéphez képest nagyobb kapacitású folyékony hidrogén és folyékony oxigén tartályokkal rendelkezne, és a Space Shuttle Orbiterhez hasonlóan Canadarm mechanikus karral is felszerelt lenne, így a Nemzetközi Űrállomás legénységének váltásán túl alkalmas lenne az elsősorban geostacionárius pályán keringő űreszközök pályamódosítására, karbantartására, üzemanyaggal való utántöltésére, illetve javítására. Ennek érdekében a személyszállító űrrepülőgép dokkolóegységgel és légzsilippel egyaránt rendelkezne, és az űrrepülőgép életfenntartó rendszerei legalább kéthetes űrbeli tartózkodás biztosítására is képesek lennének három asztronauta számára.

A személyszállító változatú űrrepülőgép a Canadarm mechanikus karjának köszönhetően alkalmas lenne a nagyobb űrszemét darabok megsemmisítésére is. Ehhez az asztronauták a kijelölt űrszemét pályájának a felvétele után magával a mechanikus karral tudnák megragadni az űrszemetet, például egy javíthatatlan műholdat, és befogva tartva alacsonyabb Föld körüli pályára vontatni azt, egészen a légkörbe való visszasüllyedés megkezdésének a pillanatáig. A személyszállító űrrepülőgép akár

minden egyes, a geostacionárius pályáig felemelkedő küldetésébe betervezhető lenne egy-egy ilyen vontatás is a hazaútra, így csökkentve az űrszemét mennyiségét.

A Főnix-program hajtóanyag-szállító űrrepülőgépe kifejezetten a folyékony hidrogén és folyékony oxigén rakéta-hajtóanyag szállítására lenne tervezve, és kizárólag távirányítással lenne vezérelhető, így se legénységgel, se nyomás alatt lévő raktérrel nem rendelkezne. Azonban a hajtóanyag-szállító űrrepülőgép felépítése ezen túl is merőben eltérne a többi űrrepülőgéptől, mivel két különböző méretű és kapacitású folyékony hidrogén tartállyal lenne ellátva. A kisebbik folyékony hidrogén tartályt az űrrepülőgép csak a visszaúton, a légkörbe való visszasüllyedéshez szükséges manőverekhez használná, a mérete és kapacitása is ehhez lenne tervezve. Az alacsony Föld körüli pálya eléréséhez, illetve a Nemzetközi Űrállomásig szükséges pályamódosításokhoz az űrrepülőgép a nagyobbik folyékony hidrogén tartályából fogyasztana.



11. X-33 technológiai demonstrátor egy egylépcsős újrafelhasználható űrrepülőgéphez (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Bár raktérrel nem rendelkezne, a hajtóanyag-szállító űrrepülőgépen mégis lennének raktérajtók, mégpedig a nagyobbik folyékony hidrogén tartály méretének megfelelő kialakításban, mivel ez a nagyobbik kriogén tartály az űrben kiszerelhető lenne az űrrepülőgépből. Ehhez a művelethez a hajtóanyag-szállító űrrepülőgép a Nemzetközi Űrállomás Canadarm2 mechanikus karjával kerülne befogásra, ahol a raktérajtó kinyitását követően az űrsétát végző asztronauták távirányítással illetve manuálisan is le tudnák zárni a már előtte kiürített nagyobbik folyékony hidrogén tartály szelepeit, majd le tudnák csatlakoztatni a kriogén tartályról annak könnyen hozzáférhető csővezetékeit, mind

az űrrepülőgép rakétahajtóműve felé folyékony hidrogént szállító csővezetéket, mind az ehhez szükséges túlnyomást biztosító héliumot betápláló csővezetéket. Ezután már néhány rögzítőcsavart kioldva a kriogén tartály könnyen kiemelhető lenne az űrrepülőgépből.

Ennek szerepe, hogy a hajtóanyag-szállító űrrepülőgép egyszerre biztosíthassa a folyamatos LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag utánpótlást, miközben minden egyes űrbeli tartózkodása alkalmával egy újabb nagyméretű kriogén tartályt hagyna a Nemzetközi Űrállomásnál.



12. Dream Chaser űrrepülőgép (Művészi koncepció) (Kredit: Sierra Space)

A hajtóanyag-szállító űrrepülőgép és annak kriogén tartályai úgy kerülnének megtervezésre, hogy az alacsony Föld körüli pálya eléréséhez és a Nemzetközi Űrállomáshoz való manőverezéshez a hajtóanyag-szállító űrrepülőgép legfeljebb csak a harmadát használja fel az általa szállítható rakéta-hajtóanyagnak. Így a visszatéréshez szükséges mennyiségen túl is bőven maradna még folyékony hidrogén és folyékony oxigén a hajtóanyag-szállító űrrepülőgép kriogén tartályaiban, amikből az űrsétát végző asztronauták az űrrepülőgép törzsének tetején elhelyezkedő légi feltöltésre szolgáló szabványosított töltőcsatlakozáson keresztül tudnák leszivattyúzni a felesleget egy kifejezetten erre tervezett csővezeték segítségével.

1.3 Kriogén űrállomásmodul

A rakéta-hajtóanyag utánpótlás fogadásának gördülékenysége és a Főnix-program további elemeinek megvalósítása érdekében a Nemzetközi Űrállomás számára egy új űrállomásmodul kerülne kifejlesztésre, majd fellövésre és csatlakoztatásra. Ez a kriogén űrállomásmodul tenné lehetővé a leszivattyúzását és elkülönítetten való tárolását a LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagnak az űrrepülőgépek kriogén tartályaiból.

Míg a hordozó repülőgép a légi feltöltések során a saját turbószivattyúi segítségével folyékony halmazállapotú hidrogénnel illetve oxigénnel töltené fel a kettős törzsébe beépített kriogén tartályaiból az űrrepülőgépeket, addig a Nemzetközi Űrállomásnál viszont a visszatérésekhez nem

szükséges hidrogén és oxigén mennyisége már gáz halmazállapotban kerülne leszivattyúzásra az űrrepülőgépekből. Ehhez a Főnix-program űrrepülőgépei a légi feltöltésre szolgáló szabványosított töltőcsatlakozásukon egy különálló, a hélium gáz betáplálására szolgáló szeleppel is rendelkeznének.

Ez a szelep az űrrepülőgépek nyomással táplált típusú vákuum-optimalizált rakétahajtóműveinek hélium gázkörébe csatlakozna be, így a LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag leszivattyúzását végző asztronauták ezen a szelepen keresztül tudnának a kriogén űrállomásmodul felől több száz Celsius-fokra felfűtött hélium gázt beszivattyúzni az űrrepülőgépek részben kiürült kriogén tartályaiba, biztosítva azokban a leszivattyúzáshoz szükséges túlnyomást. A csatlakozófej, amit az űrsétát végző asztronauták a LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag leszivattyúzására használnának, egyben fűtőegység is lenne, amivel a betáplált hélium gáz általi túlnyomás hatására a szabványosított töltőcsatlakozáson keresztül távozó folyékony hidrogén illetve folyékony oxigén gáz halmazállapotig kerülne felfűtésre, mielőtt a csatlakozófejet a Nemzetközi Űrállomással összekötő többcsöves vezetéken keresztül beszivattyúzásra kerülnének a kriogén űrállomásmodulba.



13. Nemzetközi Űrállomás (Kredit: NASA)

A kriogén űrállomásmodul kriogén desztillációs technikával választaná el az oxigént illetve a hidrogént a héliumtól, amivel az űrrepülőgép kriogén tartályaiban a túlnyomás előidézése során összekeveredtek, és mindhárom gázt cseppfolyós halmazállapotban külön tartályokban tárolná. Azonban a kriogén űrállomásmodul ezen szétválasztási képessége vonatkozna minden a Nemzetközi Űrállomás fedélzetén cseppfolyós vagy légnemű halmazállapotban lévő anyagra, az asztronauták által kilélegzett széndioxidtól a Nemzetközi Űrállomás levegőjében lévő nitrogénig.



14. Örvény-galaxis (Kredit: NASA)

Épp ezért ez a kriogén űrállomásmodul jóval több lenne egyszerű űrbenzinkútnál, teljes körű tároló- és elosztómodulként szolgálna, ideértve az asztronauták oxigénellátásának a biztosítását is, illetve többek közt a hidrogén és az oxigén üzemanyagcellákban való felhasználásával a Nemzetközi Űrállomás vízellátását és vészhelyzeti energiaellátást is.

Bár a kriogén űrállomásmodul elsősorban a hajtóanyag-szállító űrrepülőgépek kikötőjeként szolgálna, a Főnix-program mindegyik változatú űrrepülőgépe alkalmassá lenne téve a rakéta-hajtóanyag űrben történő leszivattyúzására. Így a különböző küldetésekből hazafelé tartó teher- illetve személyszállító űrrepülőgépek is előbb ide manőverezhetnek, kiszivattyúzva belőlük minden cseppnyi LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag fölösleget, ami a légkörbe való visszasüllyedésükhöz már nem szükséges.



15. Steve Swanson asztronauta űrsétán a Nemzetközi Űrállomáson (Kredit: NASA)

A kriogén űrállomásmodulhoz tartozó többcsöves vezeték, amit ezen műveletek során az asztronauták használni tudnának, nemcsak a gáz halmazállapotú hidrogén, oxigén, illetve hélium elkülönítetten való szállítására lenne alkalmas, de egyben adat- és energiakapcsolatot is biztosítana a Nemzetközi Űrállomás és az éppen csatlakoztatott űrrepülőgép között, így a LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag leszivattyúzása során az adott űrrepülőgép berendezései folyamatosan monitorozhatóak és közvetlenül vezérelhetők lennének, a Nemzetközi Űrállomásról ellátva őket energiával.

1.4 A légi indítások menete

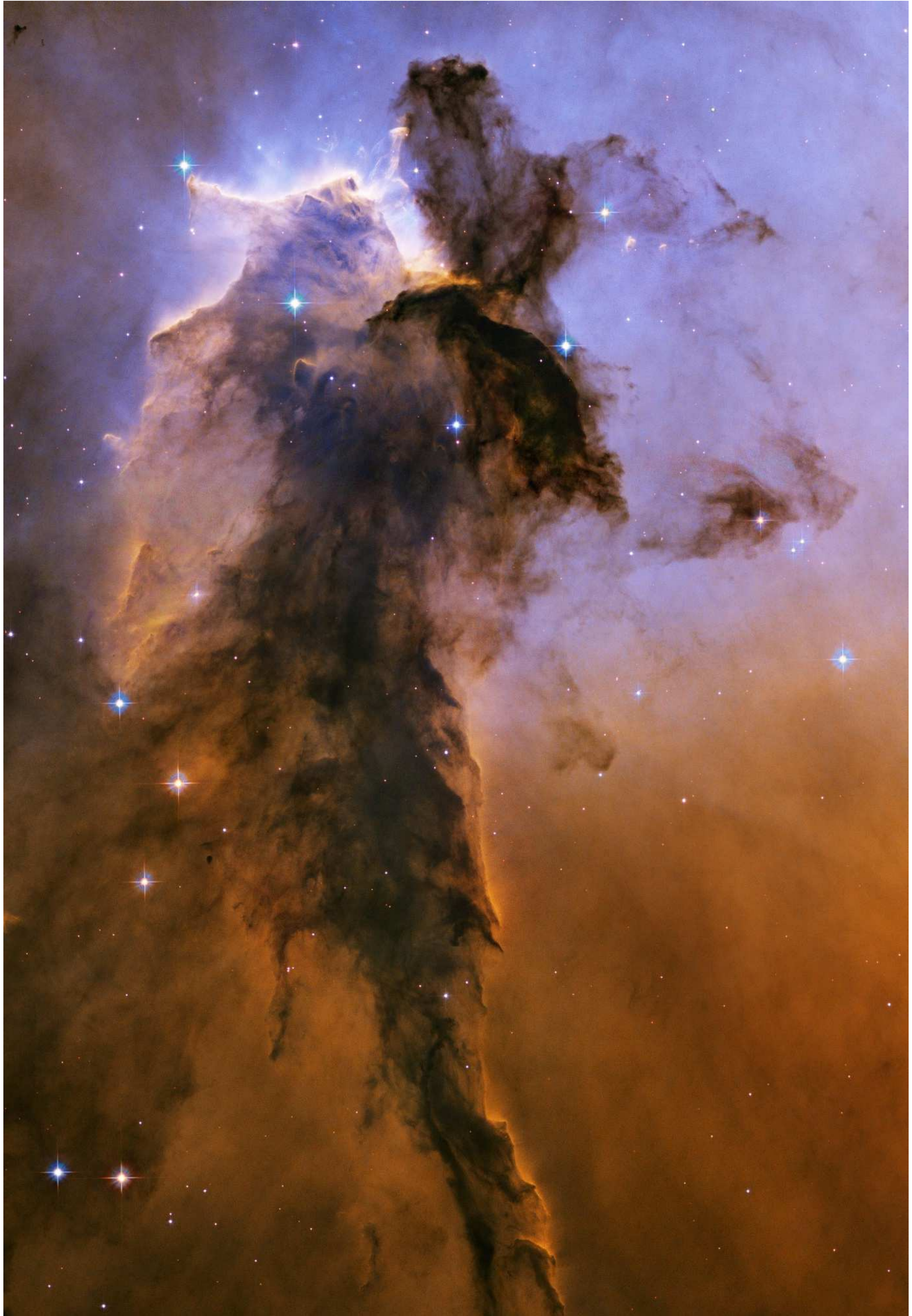
A hordozó repülőgép teherviselő összekötő szárnyelemeinek töltő- és rögzítőelemeire már a kifutópálya melletti hangárban felhelyezésre kerülne a légi feltöltéshez és indításhoz továbbfejlesztett Falcon 9 gyorsítórakéta, és az adott küldetésben használandó változatú újrafelhasználható űrrepülőgép, de ekkor még a légi hordozórakéta-indító rendszer egyetlen eleme sem lenne feltöltve rakéta-hajtóanyaggal.

Ezután a hangárból egy repülőgép-vontató földi kiszolgáló jármű a hordozó repülőgépet kivontatná a felszíni épületektől biztonságos távolságra lévő rakéta-hajtóanyag feltöltő pontra, ahol a gyorsítórakéta RP-1 kerozinnal, a hordozó repülőgép kettős törzsébe beépített kriogén tartályok pedig folyékony oxigénnel illetve folyékony hidrogénnel kerülnének feltöltésre. Időközben egy különálló töltőponton a vontató repülőgép is feltöltésre kerülne a hagyományos kerozin repülőgép-üzemanyaggal.



16. ISS repülésirányító helyiség a Johnson Űrközpont repülésirányító központjában (Kredit: NASA)

A még szükséges ellenőrzések elvégzése után a repülőgép-vontató földi kiszolgáló jármű a kifutópálya elejére vontatná a hordozó repülőgépet, majd pedig az elé a vontató repülőgépet is. A vontató repülőgép kettős törzse, sárkányszerkezete, és az elektromos motorok által forgatott légcsavaros hajtása azonos lenne a hordozó repülőgépével, a géptörzseiben viszont egy-egy kerozin üzemanyagú gázturbinás generátort hordozna, amik összteljesítménye elegendő lenne mindkét repülőgép ellátására a repüléshez szükséges mennyiségű energiával.



17. Sas-köd (Kredit: NASA)

A kifutópálya elején az egymás mögött elhelyezkedő vontató és hordozó repülőgépek összekapcsolásra kerülnének a vontató repülőgép által párhuzamosan kiengedhető két darab nagyfeszültségű elektromos kábellel. Ezeknek az elektromos kábeleknek a feszességét egy automatika szabályozná a repülés teljes időtartalmában.

A repülőgépek esetében az elektromos meghajtás egyik jelentős előnye, hogy az azonnal rendelkezésre álló magas fordulatszámnak köszönhetően rövidebb kifutópálya is elegendő a felszálláshoz, így a Főnix-program számára a hordozórakéták indításához kiválasztható kifutópályák köre szélesebb.



18. Space Florida Launch and Landing Facility (Kredit: NASA)

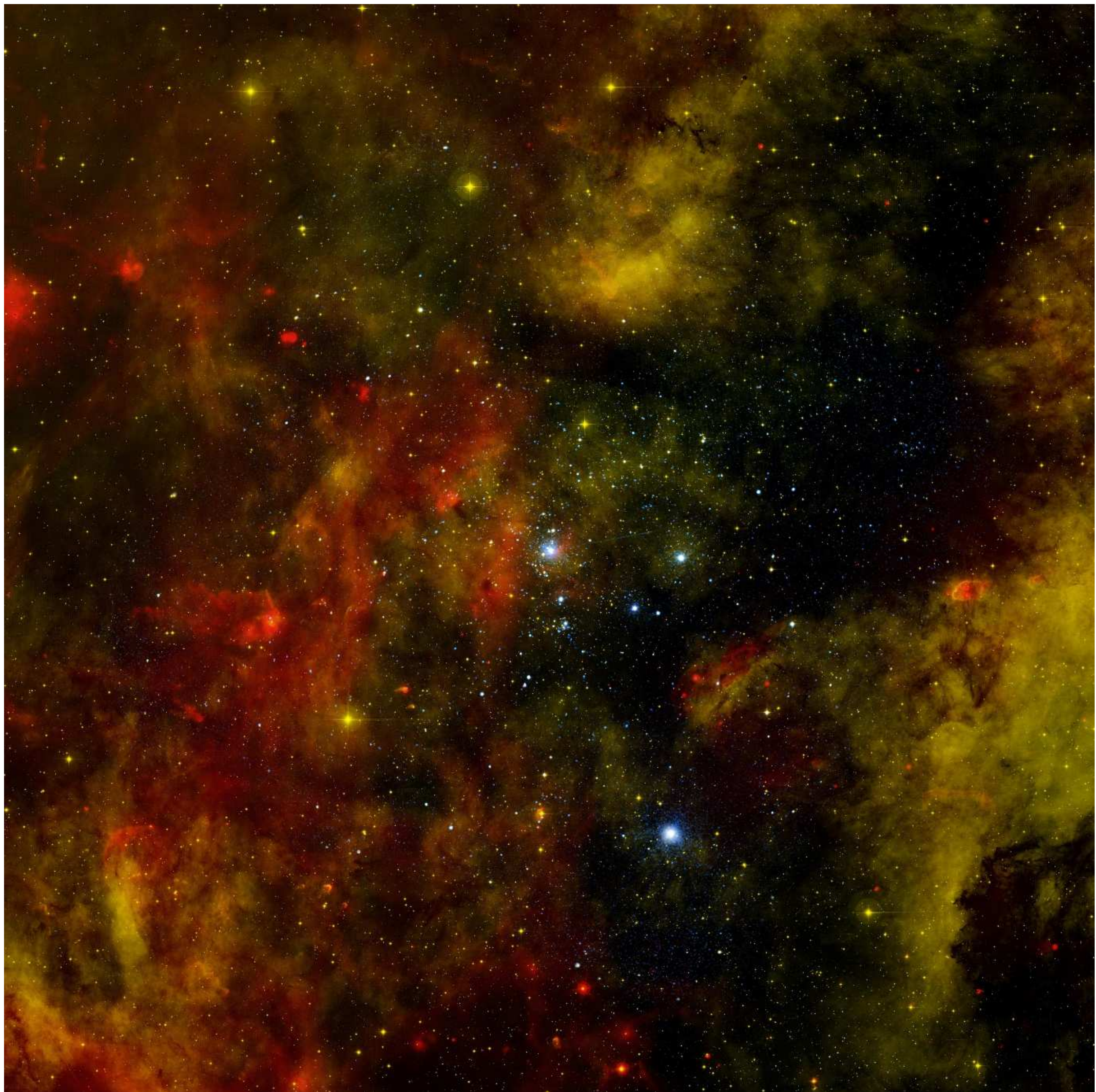
A vontató és a hordozó repülőgép az elektromos kábeleken keresztül összekötve szorosan egymás mögött szállna fel, a két repülőgép kifutópályán való gurulását majd felemelkedését pedig egy a Főnix-programban kifejezetten erre a célra kifejlesztésre kerülő robotpilóta tartaná szinkronban. A vontató és a hordozó repülőgépet összekötő kábelek az energia továbbításán túl az adatkapcsolatot is megteremtenék a repülőgépek között, így a két repülőgépet folyamatosan szinkronban tartó robotpilóta számára biztosítható mindkét repülőgép minden szenzoradatának azonnali rendelkezésre állása.

A vontató és a hordozó repülőgép tandemben repülne a kijelölt hordozórakéta-indítási körzet felé, amit elérve a levegőben körözve a hordozó repülőgép törzseiben lévő kriogén tartályokból teljesen feltöltésre kerülne mind a Falcon 9 gyorsítórakéta, mind az űrrepülőgép. A gyorsítórakéta folyékony oxigénnel való feltöltése a hordozó repülőgép hátulsó teherviselő összekötő szárnyelemébe épített töltő- és rögzítőelemen keresztül történne meg, az űrrepülőgép pedig az elülső teherviselő összekötő

szárnyelemből előrenyúló töltő- és rögzítőelemen keresztül kapná meg a folyékony hidrogén illetve folyékony oxigén rakéta-hajtóanyagot.

Azáltal, hogy a gyorsítórakéta és az űrrepülőgép is csak közvetlenül az indítás előtt a levegőben kerülne feltöltésre a mélyhűtött cseppfolyós gázokkal, minimalizálható a párolgás szintje a gyorsítórakéta és az űrrepülőgép súlytakarékosság miatt csak kevéssé hőszigetelő kriogén tartályaiból.

Az utolsó ellenőrzéseket is befejezve a vontató és a hordozó repülőgép rárfordulna az űrrepülőgép számára az aktuális küldetéstől függően ideális orbitális pálya felé, majd a visszaszámlálást követően a rakéta-hajtóanyagokkal teljesen feltöltött hordozórakétát a hordozó repülőgép leoldaná, hogy az a gyorsítórakéta kilenc darab Merlin 1D rakétahajtóművét begyújtva az űr felé vehesse az irányt, az űrrepülőgép szárnyait használva a függőleges helyzetbe álláshoz szükséges manőver végrehajtásához.



19. Fiatal csillagok (Kredit: NASA)



20. Artemis I a holdfényben (Kredit: NASA)

Annak érdekében, hogy a hordozórakéta leoldásakor az űrrepülőgép függőleges vezérsíkjai még véletlenül se tudjanak a hordozó repülőgép elülső teherviselő összekötő szárnyelemének ütközni, az itt található töltő- és rögzítő elem egyben egy olyan csuklós tartószerkezet is lenne, ami a leoldáskor pusztán a rá nehezedő súly segítségével két méterrel lejjebb tudná vinni a hordozórakéta orrát. Ennek a csuklós tartószerkezetnek szétnyílva már nem kell tudnia megtartania a hordozórakéta rá eső súlyát, mert a leoldási folyamat részeként a csuklós tartószerkezet teljes szétnyílásával párhuzamosan a hordozórakétának a hordozó repülőgéphez való rögzítése is megszűnne.

A hordozórakéta indítását követően a vontató illetve a hordozó repülőgép, egymással az elektromos kábeleken keresztül továbbra is összekapcsolva, a kiindulási repülőtérhez térne vissza, azonban a leszállópályán a hordozó repülőgép a két párhuzamos nagyfeszültségű elektromos kábelről leoldva önállóan, immár vitorlázó repülőként landolna. A vontató repülőgép az elektromos kábeleinek a felcsévélése után szintén landolna.



21. SpaceX Falcon 9 gyorsítórakéta landolása (Kredit: SpaceX)

A Falcon 9 gyorsítórakéta a második fokozatként szolgáló űrrepülőgép leválása után szintén a kiindulási repülőtérhez térne vissza, ahol a rakétahajtóműveivel fékezve a kiengedett landoló lábaira érkezne. Azon küldetések során, amelyeknél a magasabb Föld körüli pálya elérése vagy egy nagyobb tömegű hasznos teher pályára állítása miatt a kiindulási repülőtérhez való visszaérkezéshez szükséges rakéta-hajtóanyag mennyiségét is fel kell használni az űrrepülőgép gyorsításához, a gyorsítórakéta a SpaceX egyik tengeri drónhajóján (ASDS) landolna.

Az űrrepülőgép a küldetés végeztével lehetőség szerint szintén a kiindulási repülőtérre térne vissza, azonban amennyiben időjárási vagy más okokból egy másik repülőtéren kell landolnia, akkor az űrrepülőgépet a vontató repülőgép szállítaná vissza a bázisrepülőtérre. Ennek érdekében a vontató

repülőgép a teherviselő összekötő szárnyelemein a hordozó repülőgéphez hasonlóan szintén rendelkezne a gyorsítórakéta és az űrrepülőgép hordozásához szükséges rögzítőelemekkel.

Mivel üres rakéta-hajtóanyag tartályokkal a gyorsítórakéta és az űrrepülőgép súlya is csak minimális, így a vontató repülőgép a légi indításokban betöltött szerepén túl egyben logisztikai feladatokat is ellátna a gyártóbázisok és a bázisrepülőtér között.



22. Aero Spacelines Super Guppy teherszállító repülőgép (Kredit: NASA)

A vontató repülőgép ilyen célú maximális kihasználhatósága érdekében a Főnix-programban kifejlesztésre kerülne egy külső függesztésű áramvonalas raktér is, amit egy tüzelőanyag-póttartályhoz hasonlóan lehetne felhelyezni a vontató repülőgép teherviselő összekötő szárnyelemeinek töltő- és rögzítőelemeire. A nyomás alá helyezhető és fűthető külső függesztésű raktérrel a vontató repülőgép a Super Guppy teherszállító repülőgép által végzetthez hasonló szállítási feladatok ellátására is alkalmassá válna.

1.5 Vészhelyzeti protokollok

Amennyiben a kijelölt hordozórakéta-indítási körzet felé való repülés során, még a hordozórakéta leoldása előtt bármilyen okból a vontató és a hordozó repülőgépet összekötő mindkét nagyfeszültségű elektromos kábel elszakadna vagy kioldana, a hordozó repülőgép saját elektromos motorjaival forgatott légcsavarjai az energiaellátás hiányában működésképtelenné válnának, lehetetlenné téve, hogy a hordozó repülőgép továbbra is elláthassa a szerepét. Ezért ilyen esetben begyújtásra kerülne a még mindig a hordozó repülőgép teherviselő összekötő szárnyelemeihez rögzített Falcon 9 gyorsítórakéta Merlin 1D rakétahajtóművei közül két darab, lehetővé téve, hogy a

hordozó repülőgép a szabályozható teljesítményű Merlin 1D rakétahajtóművek tolóerejét használva a le nem oldott hordozórakétával együtt biztonságosan visszatérhessen a kiindulási repülőtérre.

Mivel a folyékony oxigén csak a hordozórakéta indítását közvetlenül megelőző légi feltöltés során kerülne a gyorsítórakétába illetve az űrrepülőgépbe is áttöltésre, ezért a kiindulási repülőtérre vészhelyzetben történő visszatérés során a gyorsítórakéta Merlin 1D rakétahajtóművei magából a gyorsítórakétából használnák fel az RP-1 kerozint, a folyékony oxigénnel való táplálás viszont a hordozó repülőgép hátulsó teherviselő összekötő szárnyelemébe épített töltő- és rögzítőelemen keresztül történne meg, a hordozó repülőgép törzseibe épített kriogén tartályokból.



23. Rozetta-köd (Kredit: ESA)

A hordozó repülőgép teherviselő összekötő szárnyelemeibe épített töltő- és rögzítőelemek szerkezeti szilárdsága nemcsak a teljesen feltöltött hordozórakéta súlyának elbírására lennének tervezve, hanem két Merlin 1D rakétahajtóműnek a hordozórakéta leoldása nélküli begyújtására is.

A kiindulási repülőtér közvetlen közelébe való visszaérkezést követően biztonsági okokból még a landolás előtt kiengedésre kerülne a levegőbe minden maradék rakéta-hajtóanyag, a folyékony hidrogén és a folyékony oxigén a hordozó repülőgép kriogén tartályaiból, illetve az RP-1 kerozin a gyorsítórakétából, és a hordozó repülőgép vitorlázó repülőgépként landolna a leszállópályán.



24. SpaceX Starman űrruha (Kredit: NASA)



25. Oshkosh Striker repülőtéri mentő és tűzoltó jármű (Kredit: NASA)

Robbanásveszély vagy más hasonló vészhelyzet esetén mind a vontató, mind a hordozó repülőgép pilótáinak lehetősége lenne a katapultálásra a bármilyen magasságban indítható katapultüléseik segítségével. Ebből kifolyólag, ahogy a személyszállító űrrepülőgép legénysége is, a vontató és a hordozó repülőgép pilótái is a SpaceX Starman típusú nyomástartó űrruháját hordanák, amivel akár a ritka levegőjű 10 kilométeres magasságból is biztonságosan tudnának leereszkedni. A vontató illetve a hordozó repülőgép pilótafülkéjében is minden berendezés, a nyomógomboktól az érintőképernyőkig, alkalmassá lenne téve az űrruhában való használatra.

A Főnix-program személyszállító változatú űrrepülőgépe a pályára álláshoz és manőverezéshez szükséges saját rakétahajtóművén és LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag készletén túl a géptörzsébe beépítve egy a mentőrakétákhoz használt típusú szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművel is rendelkezne, ami rövid égési ideje alatt kifejtett nagy tolóerejével biztonságos távolságba tudná lökni az űrrepülőgépet a gyorsítórakétától. Ez a vészhelyzeti rendszer akkor is folyamatosan üzemkész lenne, amikor az űrrepülőgép a hordozó repülőgéphez van rögzítve, lehetővé téve az asztronauták számára a gyorsítórakétától illetve a hordozó repülőgéptől való bármikori gyors eltávolodást.

Mivel ez a szilárd hajtóanyagú rakétahajtómű fixen lenne beépítve a személyszállító változatú űrrepülőgép törzsébe, így ez a vészhelyzeti rendszer nemcsak a légi indítás, hanem az űrbeli tartózkodás illetve a visszatérés során is rendelkezésre állna, többek közt azt is lehetővé téve, hogy a légkörbe való visszasüllyedéskor a már minden csepp folyékony rakéta-hajtóanyagát felhasznált űrrepülőgép számára ez a szilárd hajtóanyagú rakétahajtómű biztosíthassa a vészhelyzeti lassítás lehetőségét, amennyiben az aerodinamikai fékezéshez szükséges manőverek sikertelenek lennének.

A vontató és a hordozó repülőgépben is meglévő katapultüléseknek, illetve a személyszállító űrrepülőgépbe beépített mentőrakétának köszönhetően, egy a Szojuz T–10-1 küldetéshez hasonló vészhelyzetben, amikor a robbanás általi katasztrófa elkerülhetetlen, lehetőség lenne minden katapultülés illetve az űrrepülőgép leválásának egyetlen gombnyomással egyszerre való elindítására is.

A Főnix-program teherszállító és hajtóanyag-szállító változatú űrrepülőgépei nem rendelkeznének az egyébként jelentős plusz súlyt jelentő szilárd hajtóanyagú vészhelyzeti rakétahajtóművel, így bár le tudnának válni a gyorsítórakétáról illetve a hordozó repülőgépről még a légi indítást megelőzően is, de csak a saját LOX/LH2 rakétahajtóművüket tudnák használni a távolódáshoz és a legközelebbi repülőtérig való eljutáshoz. Ezáltal amennyiben a leválást szükségessé tevő vészhelyzet még azelőtt következne be, hogy az adott űrrepülőgép rakéta-hajtóanyaggal való feltöltése megkezdődne a hordozó repülőgépbe beépített kriogén tartályokból, a levált űrrepülőgép csak olyan távolságban lévő repülőtéren tudna landolni, amit pusztán vitorlázó repüléssel is el tud érni.



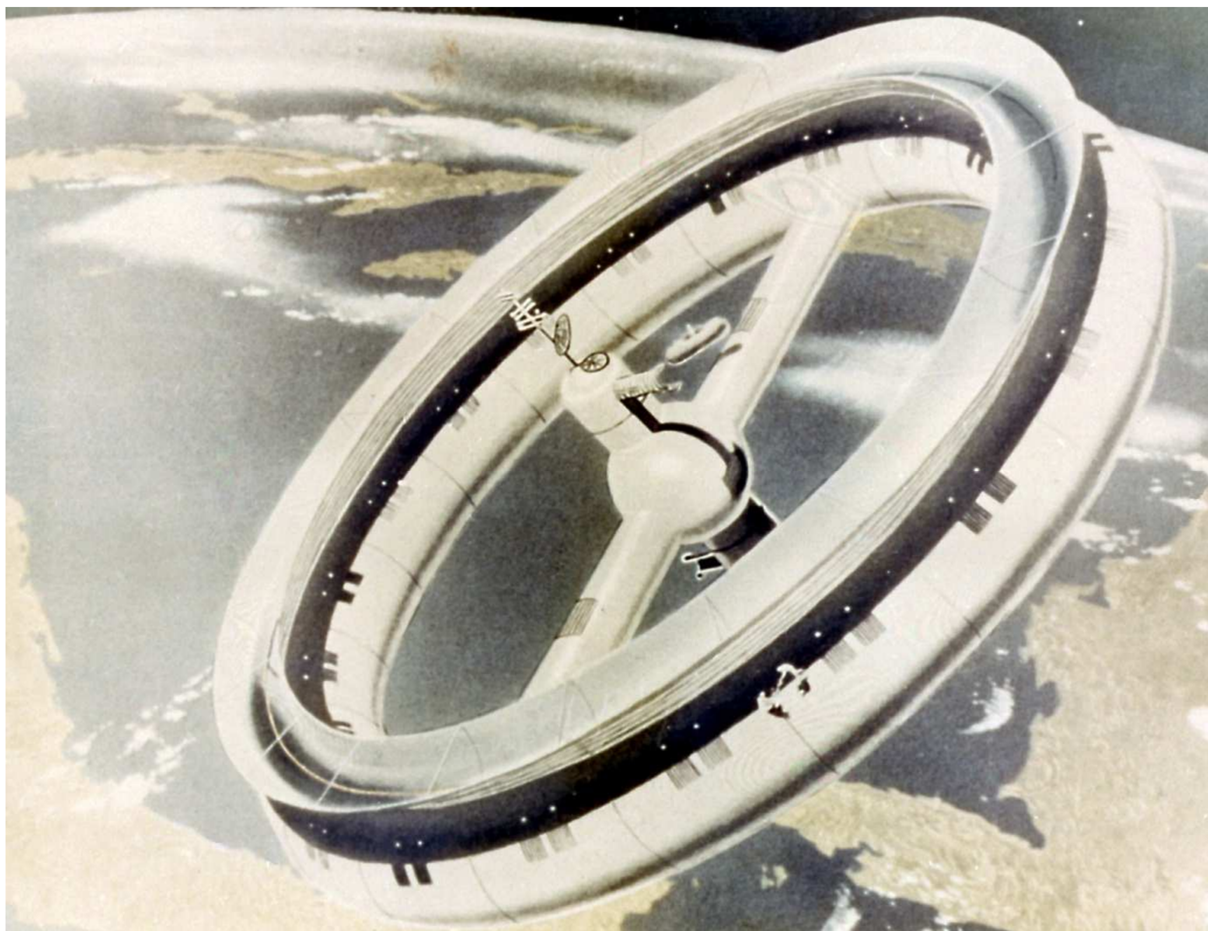
26. Otthonunk, a Föld (Kredit: NASA)

2. Fejezet: Gravitációs gyűrű, mint mélyűri űrhajó

Az elmúlt évtizedekben rengeteg terv született a Mars asztronautákkal való felkeresésére, azonban mesterséges gravitáció biztosítása nélkül gyakorlatilag minden terv végrehajtatatlan, ami a Mars felszínére való leszállást is magába foglalja. Ennek oka, hogy a test fiziológiai elváltozásai a súlytalanságban eltöltött hónapok elkerülhetetlen következménye, az izomsorvadástól a csontveszteségen át az immunrendszer gyengüléséig, miközben a Marson való landolás és egy marsi küldetés feladatainak a végrehajtása fizikailag és szellemileg is csúcsformában lévő asztronautákat igényel.

A súlytalanságnak az emberi testre gyakorolt elkerülhetetlen fiziológiai hatásain túl pedig ott van még többek közt az állandó sérülésveszély kockázata is, mivel a földi kórházakban amúgy könnyen kezelhető legegyszerűbb sérülések is végzetesek lehetnek az asztronauták számára a súlytalanságban, ha nem tudnak időben valamilyen gravitációs környezetbe jutni, ami jelenleg kizárólag a Nemzetközi Űrállomásról lehetséges a hozzá csatlakoztatott és mindig rendelkezésre álló mentőűrhajók segítségével.

Így az emberes mélyűri küldetések egyik kulcseleme a centrifugális erő segítségével gravitációt szimuláló gyűrű alakú forgó szerkezet, egyszerűbb kifejezéssel gravitációs gyűrű megépítése, ami egyszerre tudná űrállomásként és egyben mélyűri űrhajóként is kiszolgálni az akár több éves időtartamú emberes mélyűri küldetéseket.



27. Von Braun kerék formájú űrállomása (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Azonban annak érdekében, hogy a Coriolis-erő hatására fellépő állandó érzékszervi zavar ne akadályozza az asztronautákat a munkavégzésben és a mindennapos tevékenységeikben, a földivel ellentétben csupán harmadakkora marsi gravitációt szimuláló alacsonyabb percenkénti fordulatszám esetén is legalább 200 méter átmérőjűnek kell lennie a gravitációs gyűrűnek.

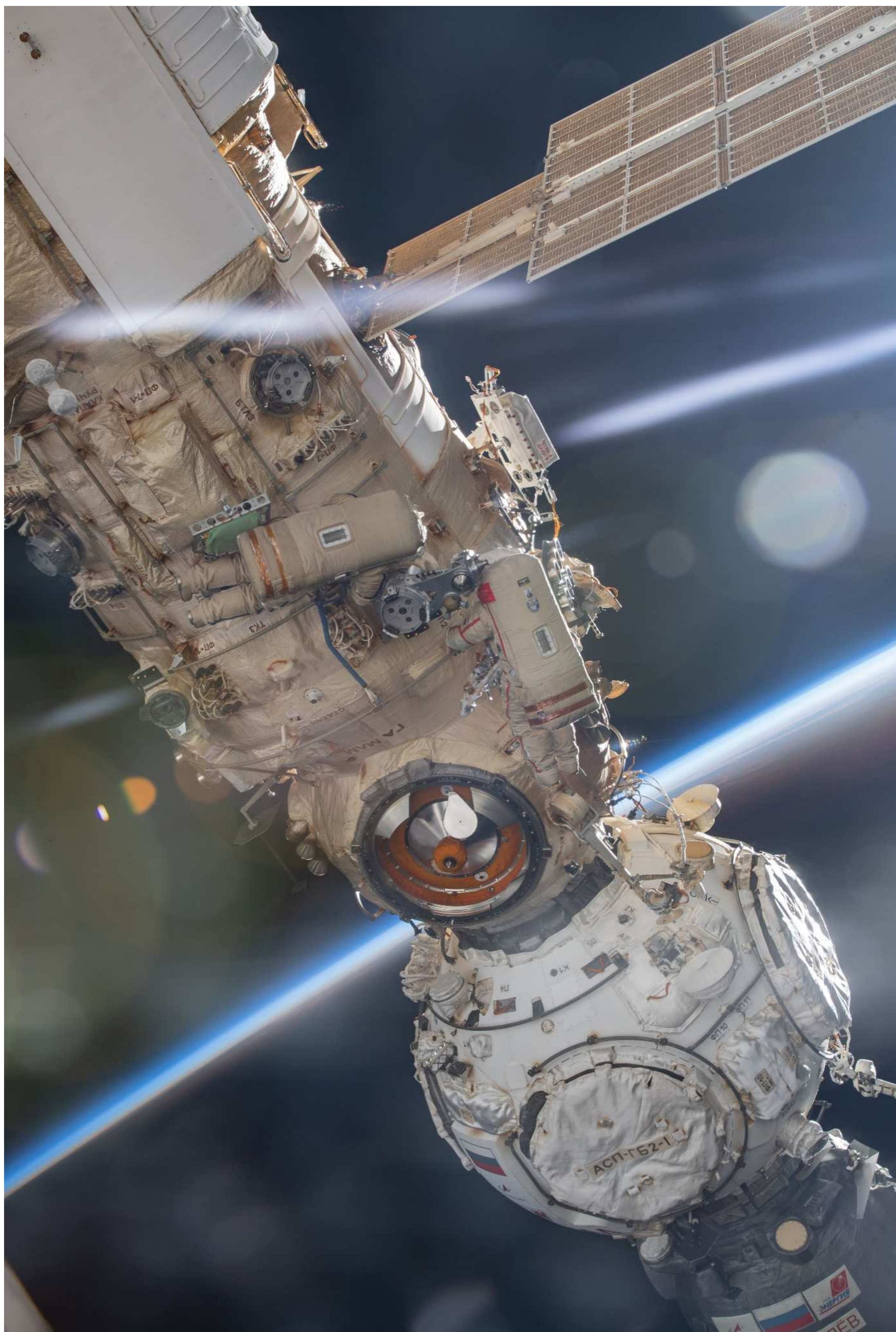
A Mars meghódításának egy másik kulcseleme a szükséges rendkívül nagy mennyiségű folyékony hidrogén és folyékony oxigén rakéta-hajtóanyag Föld körüli pályára való költséghatékony feljuttatása, hogy lehetővé váljon a kozmikus sugárzás elleni hatékony védelemtől az asztronauták oxigénellátásán át a rakétahajtóműves fékezéssel történő marsi landolásig minden eleme egy marsi küldetésnek.



28. Van Allen-ikerszondák orbitális pályán a sugárzási övezetet tanulmányozva (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Mivel a Főnix-program újrafelhasználható űrrepülőgépei nyomással táplált típusú vákuum-optimalizált rakétahajtóművel rendelkeznének, ezért a hajtóanyag-szállító változatú űrrepülőgép kiemelhető folyékony hidrogén tartálya is egy vastag falú és nyomásbiztos henger alakú alumíniumtartály lenne. Ezáltal a hajtóanyag-szállító űrrepülőgépekkel nemcsak a LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag alacsony Föld körüli pályára való folyamatos felhordása oldható meg költséghatékonyan, de a hajtóanyag-szállító űrrepülőgépek által a Nemzetközi Űrállomásnál hagyható alumínium kriogén tartályok egyben megfelelő szerkezeti építőelemek is lennének egy 200 méter átmérőjű forgó űrállomás építéséhez.

A gravitációs gyűrű építésének megkezdéséhez a Nemzetközi Űrállomás olyan módon kerülne átalakításra, hogy a Főnix-programban kifejlesztésre kerülő kriogén űrállomásmodul a Nemzetközi Űrállomásnak egy szélső szerkezeti eleme lehessen, aminek a síkján túl nem nyúlhatnak más űrállomásmodulok vagy napelemtáblák, mivel a gravitációs gyűrű építése annak központi elemének a Nemzetközi Űrállomás kriogén űrállomásmoduljához való csatlakoztatásával kezdődne meg.



29. Roszkoszmosz kozmonauták Oleg Artemyev és Denis Matveev űrsétán a Nemzetközi Űrállomáson (Kredit: NASA)

2.1 A gravitációs gyűrű építése

Mivel a Coriolis-erő hatására fellépő állandó érzékszervi zavar egy forgó űrállomás külső pereme mentén a legkisebb az asztronauták számára, és annak közepe felé egyre erősödik, így a gravitációs gyűrű különböző szerepű űrállomásmoduljainak a külső peremhez kell lenniük csatlakoztatva. A gravitációs gyűrű struktúrájának a közepén pedig csak azon részegységek illetve űrállomásmodulok helyezhetők el, amelyek az asztronauták jelenlétét a mélyűri küldetések teljes időtartamát tekintve sem igénylik, ide értve az esetleges meghibásodásokból eredő javítási igények kockázatát is.

Ez utóbbi azért lényeges szempont, mert a gravitációs gyűrű struktúrájának közepén elhelyezkedő részegységek illetve űrállomásmodulok asztronautákkal való bármilyen javításához a gravitációs gyűrű forgását először teljesen meg kell szüntetni, jelentős rakéta-hajtóanyag mennyiséget beáldozva mind a fékezéshez, mind a javításokat követően a gravitációs gyűrű forgásának az újraindításához.



30. Kulcslyuk-köd (Kredit: NASA)

A gravitációs gyűrű központi eleme egy olyan űrállomásmodul lenne, amihez a hajtóanyag-szállító űrrepülőgépek által odaszállított első négy darab kriogén tartály hozzárögzíthető, 90 fokonként elhelyezve egyet-egyet. Ezt követően ehhez a négy kriogén tartályhoz az újabb és újabb kriogén tartályok már hosszirányban, egymás mögé kerülnének csatlakoztatásra, a henger alakú kriogén tartályokból létrehozva a gravitációs gyűrű négy darab, egyenként 100 méter hosszú küllőit. A kialakításuk során ezek a küllők nagy szakítószilárdságú drótkötelekkel összekötésre kerülnének egymáshoz annak érdekében, hogy a gravitációs gyűrű külső, gyűrű alakú struktúrájának a befejezéséig is stabilak maradjanak.

A drótkötelek rögzítésére szolgáló fém füleken túl minden kriogén tartály már gyárilag rendelkezne egy létra fokainak megfelelő hosszirányú kapaszkodósorral is. Ezen fém fülek és kapaszkodók tennék

lehetővé, hogy a hajtóanyag-szállító űrrepülőgépekből a kriogén tartályok egyszerűen kiemelhetők legyenek az asztronauták által, és ezek biztosítanák, hogy a gravitációs gyűrű építése során az újabb és újabb kriogén tartályok illetve űrállomásmodulok helyére való illesztésekor az űrsétákat végző asztronauták biztonságosan megkapaszkodhassanak, illetve hogy kötéllel is rögzíthessék magukat.

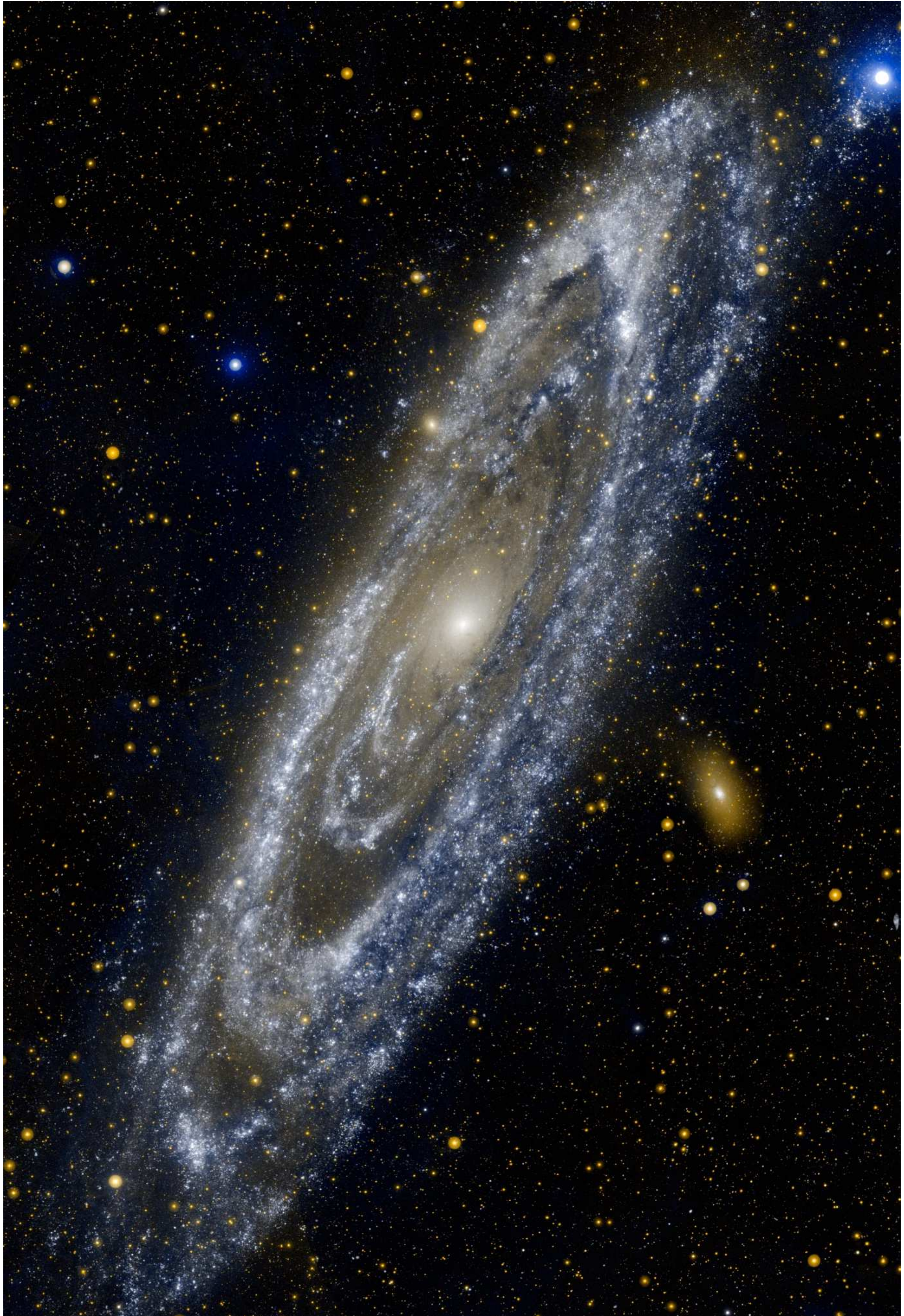


31. Marshall Űrközpont Semleges Felhajtóerő Szimulátor (Kredit: NASA)

Ahogy a drótkötelekkel egymáshoz erősített négyágú struktúra mindegyik irányban elérte a 100 méteres hosszúságot, azok végeiből kiindulva a kriogén tartályok a továbbiakban már oldalirányban kerülnének egymás mögé csatlakoztatásra, kialakítva a külső, gyűrű alakú struktúrát is. Mivel a gravitációs gyűrű szerkezeti építőelemeiként szolgáló kriogén tartályok hosszú henger alakúak lennének, így a gravitációs gyűrű megépítésével valójában nem is egy tökéletes gyűrű, hanem egy négy küllő által merevített sokszög alakzat kerülne kialakításra.

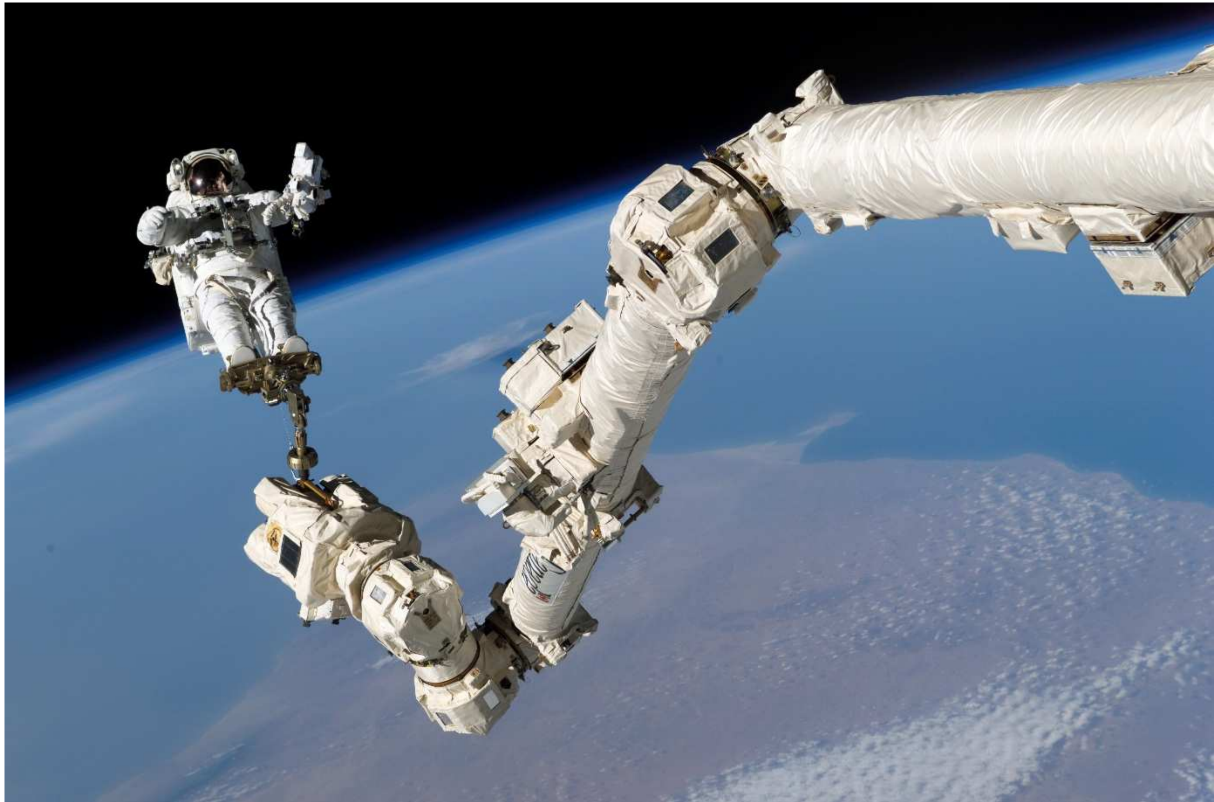
A gravitációs gyűrű építése során a kriogén tartályok közé egy-egy összekötőelem kerülne beépítésre, így a kriogén tartályok valójában ezekhez az összekötőelemekhez, és nem pedig közvetlenül egymáshoz kerülnének hozzácsatlakoztatásra. Több különböző változatú összekötőelem állna rendelkezésre, amik aszerint kerülnének beépítésre, hogy a csatlakoztatott kriogén tartályoknak egymáshoz képest milyen szögben kell elhelyezkedniük. A gravitációs gyűrű küllőinek a végeihez kerülő összekötőelemek például T-elosztó kialakításúak lennének.

A gravitációs gyűrű teljes struktúrájának kriogén tartályokból való megépítésével párhuzamosan a gravitációs gyűrű egyik oldala napelemtáblákkal kerülne beborításra. Ezek a Nemzetközi Űrállomáson is használt iROSA típusú nagy felületű napelemtáblák a kriogén tartályok közötti összekötőelemekhez kerülnének hozzárögzítésre egy-egy saját csuklószerkezettel, amik lehetővé tennék a napelemtáblák akár 90 fokban való elforgatását is.



32. Androméda-galaxis (Kredit: NASA)

Ezen csuklószerkezetek meglétének a célja kettős lenne, egyrészt lehetővé tennék az energiatermelést akkor is, ha a gravitációs gyűrű valamiért nem pontosan a napelemtáblákkal borított oldalát mutatja a Nap felé, másrészt a gravitációs gyűrű forgásának a stabilitását lehetővé tevő gázelosztó rendszer működéséhez szükséges napfény-árnyék változtatási képességet is biztosítanák.



33. Stephen K. Robinson asztronauta űrsétán a Nemzetközi Űrállomáson (Kredit: NASA)

A gravitációs gyűrű szerkezeti építőelemeiként szolgáló alumínium kriogén tartályok falába már a gyártásuk során eleve beépítésre kerülne több elektromos- és adatkábel is, a kriogén tartályok egymáshoz való csatlakoztatását lehetővé tevő összekötőelemek pedig nemcsak a szerkezeti stabilitást szolgálnák, hanem egyben a kriogén tartályok közötti teljes körű kapcsolatot is. Így a kriogén tartályoknak az összekötőelemeken keresztül való egymáshoz csatlakoztatásával egyben a gravitációs gyűrű energia- és adathálózata is kiépítésre kerülne.

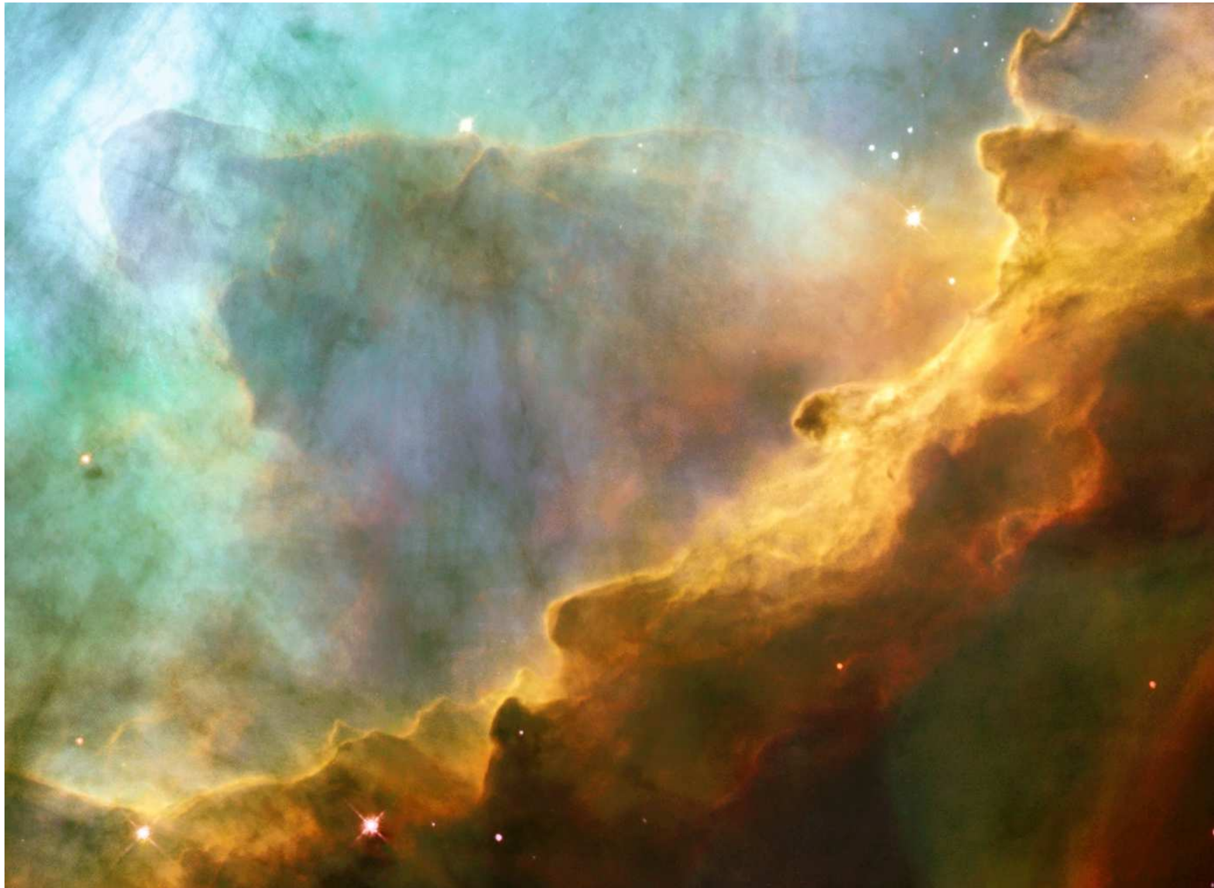
2.2 Stabilizációs gázelosztó rendszer

Mivel a Coriolis-erő hatására fellépő állandó érzékszervi zavarnak a minimalizálása érdekében a különböző szerepű űrállomásmodulok a gravitációs gyűrű külső pereméhez kerülnének hozzácsatlakoztatásra, ezáltal a gravitációs gyűrű tömegközéppontja nem annak strukturális középpontjában lenne, ráadásul a gravitációs gyűrűhöz bedokkolt űrhajók illetve marsi leszállóegységek aktuális számától függően a gravitációs gyűrű tömegközéppontja folyamatosan változna is a mélyűri küldetések során.

Ezért a gravitációs gyűrű forgásának a stabilitásáért egy gázelosztó rendszer felelne, ami képes lenne a marsi küldetéshez szükséges több száz tonnányi folyékony hidrogén és folyékony oxigén rakéta-

hajtóanyagot a gravitációs gyűrű szerkezeti építőelemeiként szolgáló kriogén tartályok között gáz formájában elosztani.

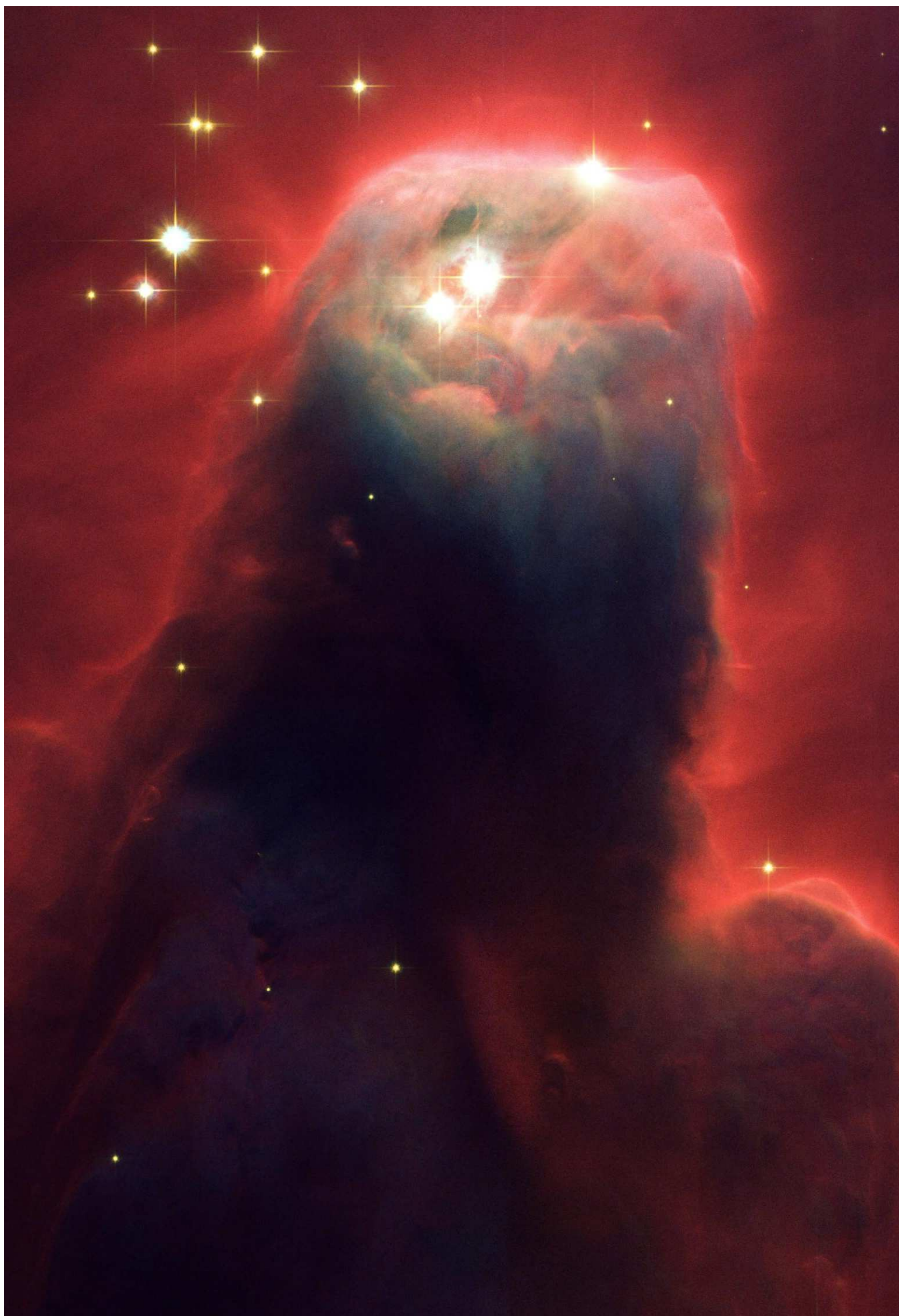
Mivel a gravitációs gyűrű építéséhez használt kriogén tartályok eredeti feladata a hajtóanyag-szállító változatú űrrepülőgép nyomással táplált típusú vákuum-optimalizált rakétahajtóművének a folyékony hidrogénnel való ellátása, ezért az űrrepülőgép működéséből fakadóan ezeknek a kriogén tartályoknak mindkét végükön lenne egy-egy szelep, egy a folyékony hidrogénnek az űrrepülőgép rakétahajtóműve felé való kivezetéséhez, egy pedig az ehhez szükséges nyomást biztosító hélium gáznak a betáplálásához.



34. Omega-köd (Kredit: NASA)

A gravitációs gyűrű szerkezeti építőelemeiként szolgáló kriogén tartályok egymáshoz való csatlakoztatását lehetővé tevő összekötőelemekbe eleve beépítettek lennének azok a csővezetékek, amik segítségével az összekötőelemeknek a kriogén tartályok végein lévő szelepekre is való rácsatlakoztatásával a gravitációs gyűrűből egyszersmind egy hatalmas kapacitású gáztároló konstrukció is létrejönne, amit a szelepek távirányítással való megnyithatóságával illetve elzárhatóságával a kriogén űrállomásmodulból lehetne vezérelni.

A kriogén űrállomásmodul saját maga is rendelkezne valamekkora cseppfolyós hidrogén illetve cseppfolyós oxigén tárolói kapacitással, a hozzá szükséges hűtőrendszerrel együtt, ahogy azonban a gravitációs gyűrű építése során az első kriogén tartályok csatlakoztatásra kerültek a gravitációs gyűrű központi eleméhez, a hajtóanyag-szállító űrrepülőgépekből gáz halmazállapotban leszivattyúzott hidrogén illetve oxigén már ezekben a kriogén tartályokban kerülne tárolásra.



35. Kúp-köd (Kredit: NASA)

Azonban ez az átszivattyúzás nem közvetlenül történne meg a hajtóanyag-szállító űrrepülőgépekből a gravitációs gyűrű szerkezeti építőelemeiként szolgáló kriogén tartályokba, mert előtte még a kriogén űrállomásmodul kriogén desztillációs technikával mind a hidrogénről, mind az oxigénről leválasztaná a velük elkeveredett hélium gázt. Az így kinyert hélium gázt a cseppfolyósítását követően a kriogén űrállomásmodul tárolná.

Ahogy a gravitációs gyűrű négy küllője becsatlakozna annak külső, gyűrű alakú struktúrájába, egyben négy egyforma körívre is felosztaná azt, és mivel a hidrogént és az oxigént külön kell tárolni, ezért a gravitációs gyűrű négyágú struktúráját kiadó négy küllőből kettő a hidrogén tárolására, kettő az oxigén tárolására kerülne felhasználásra, a gravitációs gyűrű külső, gyűrű alakú struktúrájából hozzájuk tartozó körívekkel együtt.



36. Madrid Mélyűr-kommunikációs Komplexum (Kredit: NASA)

A hidrogénnek illetve az oxigénnek a tárolásukhoz való elosztása a gravitációs gyűrű küllői illetve a hozzájuk tartozó körívek között úgy történne meg, hogy az egymással szemben lévő küllők illetve körívek szolgálnának ugyanazon gáznak a tárolására. Ennek célja, hogy a gravitációs gyűrű küllőinek a végénél, ahol azok a T-elosztó kialakítású összekötőelemeken keresztül becsatlakoznak a gyűrű alakban összekapcsolt kriogén tartályokba, mind a hidrogén, mind az oxigén rendelkezésre álljon, lehetővé téve, hogy a gravitációs gyűrű ezen pontjaira lehessen rácsatlakoztatni azokat az űrállomásmodulokat, amelyeknek a működtetéséhez a hidrogénre és az oxigénre is szükség van.

Lévén a gravitációs gyűrű építéséhez felhasznált kriogén tartályok önmagukban nem rendelkeznének hűtőrendszerrel, a közvetlen napsugárzás pedig gyorsan felmelegítheti a kriogén tartályok alumínium

falát, így attól függően, hogy az alacsony Föld körüli pályán keringő Nemzetközi Űrállomásra épp árnyékot vet-e a Föld vagy sem, a gravitációs gyűrű kriogén tartályaiban tárolt hidrogén illetve oxigén cseppfolyósodna, vagy elpárologva újra gáz halmazállapotúvá válna.

Azonban a gravitációs gyűrű építése során annak iROSA napelemtáblái is folyamatosan a helyükre kerülnének, a Nemzetközi Űrállomás pedig az épülőfélben lévő gravitációs gyűrűvel együtt olyan pozícióba kerülne átfordításra, hogy a gravitációs gyűrűre felszerelt napelemtáblák állandóan árnyékot vessenek a szerkezeti építőelemekként szolgáló kriogén tartályokra.



37. Shane Kimbrough és Thomas Pesquet asztronauták űrsétán a Nemzetközi Űrállomáson (Kredit: NASA)

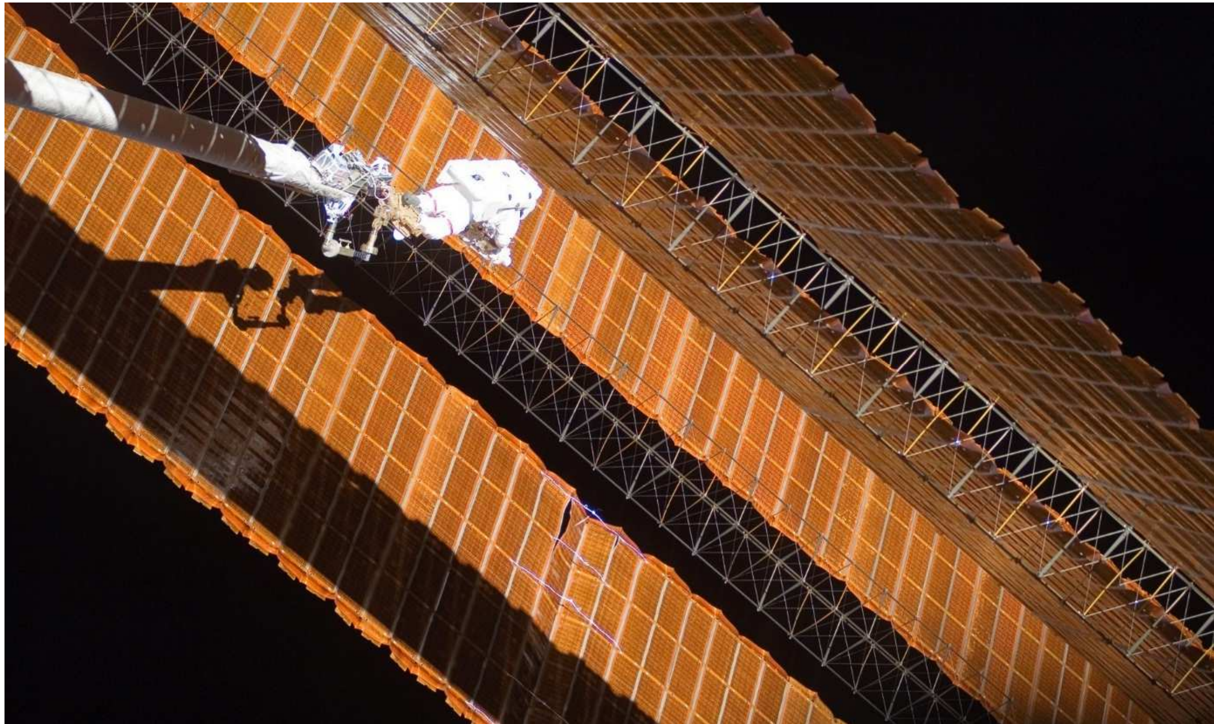
Ezáltal a kriogén űrállomásmodul felől a gravitációs gyűrű kriogén tartályaiba gáz halmazállapotában átszivattyúzott hidrogén illetve oxigén a kriogén tartályokban a bármiféle hőforrás, például a közvetlen napsugárzás hiányában folyamatosan hűlve cseppfolyós halmazállapotúvá válna, lehetővé téve azok nagy mennyiségben való tárolását, és egyben helyet biztosítva a következő hajtóanyag-szállító űrrepülőgéppel érkező újabb adag LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagnak.

Így nemcsak a marsi küldetéshez szükséges teljes rakéta-hajtóanyag mennyiségnek a tárolása oldható meg egyszerűen, de a több száz tonnányi cseppfolyós halmazállapotban tárolt oxigén illetve hidrogén a toronyházak tetejébe beépített víztartályok szerepéhez hasonlóan egyben a gravitációs gyűrű forgása során fellépő erőhatásokat is csillapítaná.

Azáltal, hogy a tárolni szándékozott LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag a kriogén űrállomásmodul felől nem cseppfolyós, hanem gáz halmazállapotában kerülne átszivattyúzásra, a hidrogénnek illetve az oxigénnek a gravitációs gyűrű kriogén tartályai közötti elosztása is leegyszerűsíthető, mivel az egymás mögé csatlakoztatott kriogén tartályokat összekötő csővezetékek szelepeinek a távirányítással való

kinyitásával az épp tárolni szándékozott hidrogén illetve oxigén gázmennyiség a betáplálása során egyenletesen oszlana el a kiválasztott kriogén tartályok között.

Ugyanakkor a LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagnak a kriogén tartályok közötti egyenletes eloszthatósága csak addig hatékony, amíg a gravitációs gyűrű építése zajlik, mert a gravitációs gyűrű elkészültével és annak forgásának a beindításával a kriogén tartályokban tárolt több száz tonnányi rakéta-hajtóanyag egyben a gravitációs gyűrű tökéletes súlyelosztásának a beállítására is szolgálna.



38. Scott Parazynski asztronauta űrsétán a Nemzetközi Űrállomás napelemes szárnyánál (Kredit: NASA)

Ennek érdekében a kriogén tartályok egymáshoz való csatlakoztatását lehetővé tevő összekötőelemek mindegyikébe eleve beépítve lenne egy-egy távirányítással vezérelhető kis teljesítményű szivattyú is, hogy amennyiben a gravitációs gyűrű súlyelosztását meg kell változtatni, vagy például egy pályamódosításhoz szükség van a kriogén tartályokban tárolt LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag egy részére is, akkor az iROSA napelemtáblák legfeljebb 90 fokban való elforgatásával, a közvetlen napsugárzás segítségével elpárologtatható lehessen a kívánt mennyiségű hidrogén illetve oxigén, amiket aztán ezekkel az összekötőelemekbe épített szivattyúkkal már egyszerűen át lehetne szivattyúzni a rendeltetési helyükre. A művelet végeztével a napelemtáblák eredeti pozíciójába való visszafordításával a gáz halmazállapotúvá vált hidrogén illetve oxigén újra cseppfolyós halmazállapotúvá hűlhet le a kriogén tartályokban.

2.3 Manőverezés a mélyűrben

A gravitációs gyűrű elsődleges pályamódosító képességét egy olyan, a gravitációs gyűrű alacsony Föld körüli pályáról való kihozására alkalmas teljesítményű hajtóműmodul biztosítaná, aminek a rakétahajtóműve gáz halmazállapotú hidrogént és oxigént használna üzemanyagként. Ez a pályamódosító hajtóműmodul a gravitációs gyűrű központ eleméhez kerülne hozzácsatlakoztatásra a kriogén űrállomásmodullal ellentétes oldalon.

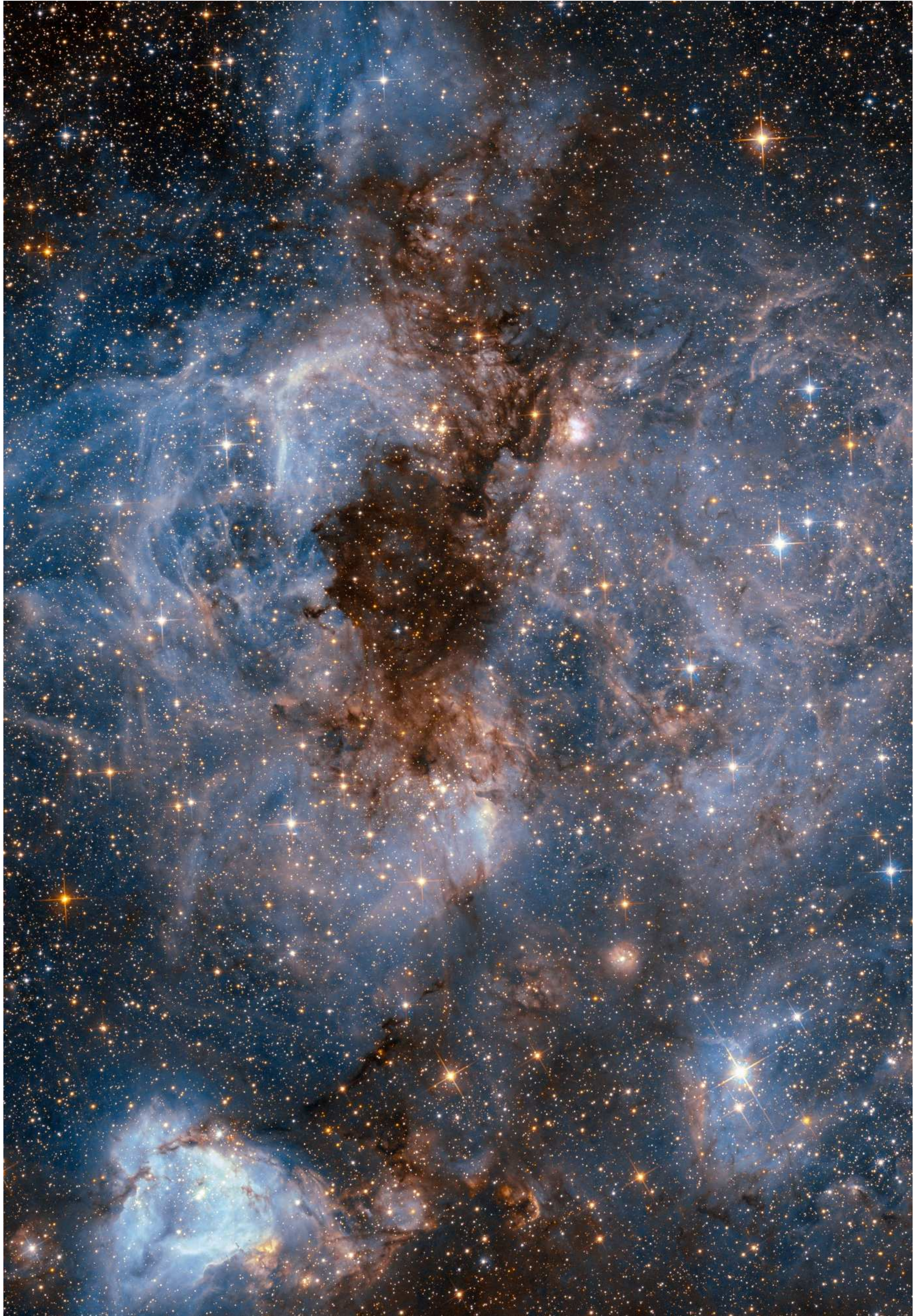


39. A Marshall Űrközpont egyik tesztpadja (Kredit: NASA)

Mivel a kriogén űrállomásmodul önmagában is rendelkezne valamekkora LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag tárolói kapacitással, így a pályamódosító hajtóműmodul használatához nem feltétlenül lenne szükséges a gravitációs gyűrű kriogén tartályaiban tárolt LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag részben gáz halmazállapotúvá való alakítása, leegyszerűsítve a pályamódosító hajtóműmodul használatát. A kriogén űrállomásmodul saját LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag tárolói kapacitása elegendő lenne nemcsak a kisebb mélyűri manőverekre, de a gravitációs gyűrűnek az alacsony Föld körüli pályáról való kihozására és a második kozmikus sebesség elérésére is a Föld gravitációjától való elszakadáshoz.

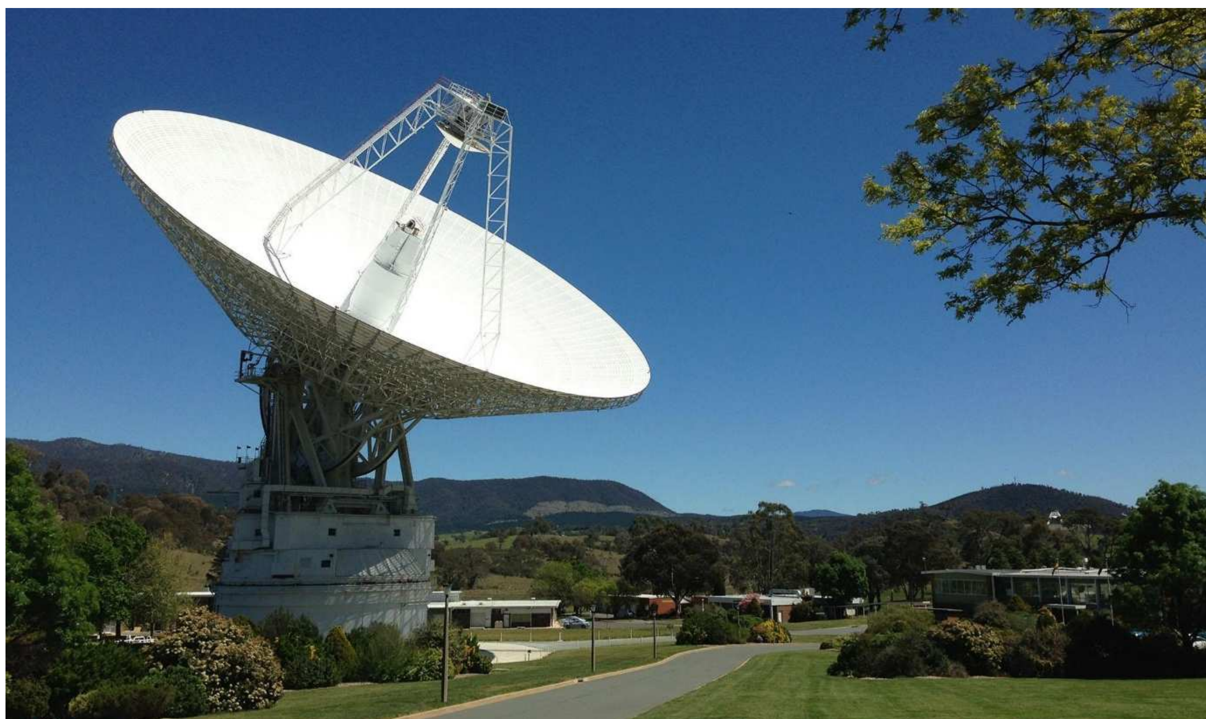
Bár a hidrogén és az oxigén gáz helyett cseppfolyós halmazállapotban történő felhasználásával egy sokkal erősebb tolóerejű rakétahajtóművet lehetne alkalmazni a pályamódosító hajtóműmodulban, de a mélyűri manőverezéseknél, például a geostacionárius pályára álláshoz a Marshoz érkezve, ennek kevéssé van jelentősége, a gáz halmazállapotú betáplálással pedig arra is lehetőség nyílna, hogy egy olyan vészhelyzetben, amikor bármilyen okból, például az iROSA napelemtáblák vezérlésének a meghibásodása miatt, a gravitációs gyűrű kriogén tartályaiban tárolt LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagnak a közvetlen napsugárzás hatására történő elpárolgása megakadályozhatatlan, a kriogén tartályok tűrőképességét meghaladó kritikus nyomásértékek elérése előtt a keletkezett nagynyomású hidrogén illetve oxigén gáz felhasználható lehet a pályamódosító hajtóműmodulban.

Ezáltal egy ilyen jellegű vészhelyzet során a kriogén tartályokban keletkező túlnyomás csökkentéséhez nem kellene pusztán az űrbe kiengedni a hidrogén illetve oxigén gázt, és bár a gravitációs gyűrű gyorsítására vagy lassítására idő előtt, vagy akár teljesen fölöslegesen felhasznált rakéta-hajtóanyag mennyiséggel a marsi küldetés paraméterei alapjaiban megváltoznának, de ez semmiképp sem járna az asztronauták veszélyeztetésével, mivel a legrosszabb esetben is a küldetést törölve az asztronauták egyszerűen a Földhöz való visszatérésre használhatnák fel ezt a rakéta-hajtóanyag mennyiséget.



40. Nagy Magellán-felhő (Kredit: NASA)

A gravitációs gyűrű forgásának az elindításához illetve szükség esetén megállításához a gravitációs gyűrű struktúráját erősítő négy küllőnek a végeire, az ott lévő T-elosztó kialakítású összekötőelemekhez egy-egy, a pályamódosító hajtóműmodulnál sokkal kisebb teljesítményű manőverező hajtóműmodul kerülne hozzácsatlakoztatásra. Mivel a küllők végén lévő T-elosztó kialakítású összekötőelemeknél két irányba ágaznának el a gravitációs gyűrű külső, gyűrű struktúráját alkotó kriogén tartályok, és a gravitációs gyűrű küllők által felosztott négy körívében egymást követve lenne tárolva a hidrogén illetve az oxigén, így a gravitációs gyűrű T-elosztó kialakítású összekötőelemeinél a hidrogén és az oxigén is rendelkezésre állna a manőverező hajtóműmodulok rakétahajtóműveinek a táplálására.



41. Canberra Mélyűr-kommunikációs Komplexum (Kredit: NASA)

A gravitációs gyűrű T-elosztó kialakítású összekötőelemeihez hozzácsatlakoztatott manőverező hajtóműmoduloknak a rakétahajtóművei szintén gáz halmazállapotú hidrogént és oxigént használnának rakéta-hajtóanyagnak, viszont ezek a rakétahajtóművek egyediek lennének abból a szempontból, hogy a fúvókáik legalább 90 fokban elforgathatók lennének bármilyen irányba, lehetővé téve a minimális tolóerőt igénylő, de komplex manőverek végrehajtását a gravitációs gyűrűvel.

Mivel a kriogén űrállomásmodul a gravitációs gyűrű strukturális középpontjához lenne hozzácsatlakoztatva, míg a manőverező hajtóműmodulok pedig a gravitációs gyűrű küllőinek a végén lévő T-elosztó kialakítású összekötőelemekhez, így a négy darab manőverező hajtóműmodul táplálása kizárólag a gravitációs gyűrű kriogén tartályaiban tárolt hidrogénnel illetve oxigénnel lenne lehetséges a T-elosztó kialakítású összekötőelemeken keresztül.

A fő pályamódosító hajtóműmodulján illetve a négy darab kisebb tolóerejű manőverező hajtóműmodulján kívül a gravitációs gyűrűnek lenne egy kizárólag vészhelyzetben működtethető manőverező fúvóka hálózata is.

Annak köszönhetően, hogy a gravitációs gyűrű a folyamatos forgásával szimulálja a tömegvonzást az asztronauták számára, a gravitációs gyűrű küllőit alkotó kriogén tartályokban a cseppfolyós halmazállapotban tárolt hidrogén illetve oxigén összegyűlik a kriogén tartályoknak a gravitációs gyűrű külső pereme felé mutató végén, lehetővé téve, hogy a forgásból fakadó centrifugális erőt kihasználva a gravitációs gyűrű küllőit alkotó kriogén tartályokban tárolt cseppfolyós halmazállapotú hidrogénhez vagy oxigénhez azok elpárologtatása nélkül is hozzá lehessen férni.

A vészhelyzeti manőverező fúvókák ezt használnák ki. A gravitációs gyűrű küllőit alkotó kriogén tartályok között elhelyezkedő összekötőelemek mindegyikére hozzácsatlakoztatásra kerülne egy-egy ilyen fúvóka, a hozzájuk tartozó kisteljesítményű elektromos fűtőegységgel illetve kompresszorral együtt. Mivel a hidrogén illetve az oxigén külön való tárolása miatt ezeknél az összekötőelemeknél mindig csak az egyik fajta gáz lenne hozzáférhető, ezért a vészhelyzeti manőverező fúvókák nem elégetnék, hanem csak gáz halmazállapotúra fűtenék fel majd a kompresszoraikkal összenyomnák a számukra épp hozzáférhető hidrogént vagy oxigént, a gázoknak a fúvókákon keresztül való nagy sebességgel történő kiengedésével létrehozva a tolóerőt.



42. Daniel C. Burbank és Steven G. MacLean asztronauták űrsétán a Nemzetközi Űrállomáson (Kredit: NASA)

Korlátozott képességei és rossz hatékonysága miatt ez a manőverező fúvóka hálózat csak olyan vészhelyzetben kerülne használatra, amikor nincs idő az iROSA napelemtáblák elforgatásával a kriogén tartályokban cseppfolyós halmazállapotban tárolt hidrogénnek illetve oxigénnek a manőverező hajtóműmodulok táplálhatóságához szükséges elpárologtatásához, mert azonnal szükség van egy precíz manőver végrehajtására.

2.4 Mélyűri biztonságos élettér

Egy marsi küldetésnél a mélyűrnek az asztronauták számára való veszélyessége nem eltúlozható. Akár több tízmillió kilométerre bármilyen segítség lehetőségétől, folyamatosan kitéve a kozmikus sugárzás élő szervezeteket roncsoló hatásának, rettegve a rendkívül nagy sebességű mikrometeorit-becsapódásoktól, miközben egyetlen a mélyűri űrhajót közvetlenül érő napkitörés már halálos dózisú sugárzást jelenthet az egész legénységre.

Ezért a Főnix-programban egy olyan lakómodul kerülne kifejlesztésre és a gravitációs gyűrű külső pereméhez való csatlakoztatásra, amely elfogadható mértékűre csökkentve a kockázatokat, megfelelően biztonságos életteret tudna biztosítani az asztronauták számára a teljes marsi küldetés időtartalmára. Ez a lakómodul két fő részegységből állna, a legénységi modulból és a pajzsmodulból.



43. Space Launch System szupernehéz hordozórakéta (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

A legénységi modul alapvetően egy a Nemzetközi Űrállomáshoz tervezettekhez hasonló, hagyományos kialakítású, az asztronauták számára élettérként szolgáló űrállomásmodul lenne, azonban a legénységi modul felkészített lenne az állandó mesterséges gravitációra, és komplex vezérlőrendszerekkel rendelkezne a gravitációs gyűrű illetve az ahhoz tartozó minden űrállomásmodulnak, űrhajónak és eszköznek az asztronauták általi folyamatos monitorozására illetve szüksége esetén távirányítására.

A legénységi modul a konyhától a mellékhelyiségen és a zuhanyzón át a hálóhelyekig minden szükséges berendezéssel rendelkezne ahhoz, hogy legfeljebb hat asztronauta számára szűkös, de kényelmes környezetet biztosítson az akár kétéves marsi küldetés alatt. A legénységi modul mérete és súlya a Space Launch System szupernehéz hordozórakéta által alacsony Föld körüli pályára állítható maximális hasznos tehernek megfelelő lenne.



44. A Carina-köd sötét felhői (Kredit: NASA)

A legénységi modul csak minimális mikrometeorit illetve sugárzás elleni védelemmel rendelkezne, mivel minden felhasználható kilogramm az élettér növelésére és a beszerelhető berendezésekre fordítódna, és a legénységi modul saját életfenntartó rendszereinek a kapacitása is, az oxigénellátástól a fűtésig, csak egy rövid idejű vészhelyzeti működtetésre lennének elegendők, mert a mélyűri küldetés életfenntartó rendszerei egy különálló, a lakómodulhoz hozzácsatlakoztatható létfenntartó űrállomásmodulban helyezkednének el.

A legénységi modul mikrometeorit illetve sugárzás elleni védelmét a lakómodul másik fő részegysége, a külön létrehozásra kerülő pajzsmodul biztosítaná, ami a Bigelow Aerospace nagyméretű felfújható űrállomásmoduljainak egy a Főnix-program keretében kifejlesztésre kerülő egyedi változata lenne.



45. B330 felfújható lakómodul (Művészi koncepció) (Kredit: Bigelow Aerospace)

A Bigelow Aerospace technológiáján alapuló henger alakú pajzsmodulnak a közepe egy legalább tíz méter átmérőjű teljesen szabad belső terület lenne, ide kerülne belehelyezésre a legénységi modul úgy, hogy felfújt állapotában a pajzsmodul belső fala és a legénységi modul külső fala között még legalább háromméternyi szabad terület legyen, további életteret biztosítva az asztronauták számára. A legénységi modul drótkötelekkel kerülne kipányvázásra és ezáltal rögzítésre az annak méreteinél sokkal nagyobb szabad belső területtel rendelkező pajzsmodul közepébe.

A pajzsmodulnak a Kevlar-nál is erősebb Vectrant tartalmazó többrétegű külső fala és az asztronauták életterét körbeölelő belső fala között még két további, egymástól teljesen elkülönített védőrétege lenne. A körülbelül fél méter szélességű belső védőréteg egy olyan dilatáns folyadékból készült védőanyaggal kerülne feltöltésre, amiben a folyékony páncélokban használt anyagokhoz hasonlóan a nyírási sebesség növekedésével annak viszkozitása is növekszik.

A pajzsmodul másik, külső védőrétege pedig egy körülbelül két méter átmérőjű, sűrített nitrogéngázzal feltöltött terület lenne, amiben a nagynyomású nitrogéngáz olyan kisebb cellákban lenne tárolva, amik egymással távirányítással vezérelhető szelepeken keresztül vannak összekötve.

A pajzsmodul sűrű állagú dilatáns folyadékkal feltöltött belső védőrétegének a szerepe az asztronautákat érő kozmikus sugárzás mennyiségének a jelentős csökkentésén túl a pajzsmodul külső burkolatát is átütni képes mikrometeoritok megállítása lenne. A pajzsmodul külső védőrétegében lévő nagynyomású nitrogéngáz szerepe pedig annak biztosítása lenne, hogy az asztronautáknak akkor is legyen idejük vészhelyzeti protokollok végrehajtására, ha egy mikrometeorit a becsapódása során a pajzsmodulon átjutva az annak belsejében kipányvázott legénységi modul falát is átütné.

Ez utóbbi esetben az adott mikrometeorit néhány nagynyomású nitrogéngázzal feltöltött cellán is keresztülhatolna, így az asztronauták életterének normál légköri nyomású levegője helyett először a pajzsmodul külső védőrétegében lévő megsérült cellákból lökődne ki az űrbe a több atmoszféra nyomású nitrogéngáz. Ez a nagynyomású nitrogéngáz a nyomásértékek kiegyenlítődéséig nemcsak az űrbe távozna, hanem az átütött falú legénységi modulban lévő levegővel is elkeveredne, de mivel a nitrogén belélegezhető és az esetleges tüzeket sem táplálja, így az asztronauták számára a védőrétegként való használatra még a nitrogén a legkevésbé veszélyes.



46. Éjszaka a Nemzetközi Űrállomáson (Kredit: ESA)

Ettől függetlenül, mivel a túl nagy mennyiségű nitrogén kiszorítja az oxigént és fulladást majd halált okoz, ezért burkolatsérülés esetén az asztronauták számára az első teendő egy vészhelyzeti oxigénmaszk felcsatolása lenne.

A pajzsmodul külső védőrétegét alkotó cellák úgy lennének méretezve, hogy a bennük lévő nagynyomású nitrogéngáz ne tudjon az asztronauták számára már veszélyes mértékű nyomásváltozást előidőzni, de ugyanakkor a lehető legkésőbbre tudja kitolni az átütött falú legénységi modul levegőjének az űrbe való szivárgását.



47. Orion-köd (Kredit: NASA)

A legénységi modulban hat vészhelyzeti kabin lenne kialakítva annak érdekében, hogy az asztronauták túlélésére akkor is legyen esély, ha a pajzsmodulon illetve a legénységi modulon keletkezett egy nagyobb, vagy egyszerre több kisebb burkolatsérülés olyan súlyos, hogy akár perceken belül teljes vákuumot tud létrehozni. A vészhelyzeti kabinok zuhanyfülke méretű, egyszemélyes nyomásálló tartályok lennének, amiknek az ajtajai kifejezetten a villámgyors nyithatóságra és zárhatóságra lennének tervezve. Mindegyik vészhelyzeti kabinban egy-egy SpaceX Starman típusú űrruha lenne tárolva, és a vészhelyzeti kabinok úgy lennének méretezve, hogy bár szűkösen, de még pont legyen bennük elég hely ezeknek az űrruháknak a felvételére.



48. Skylab űrállomás Föld körüli pályán (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Annak érdekében, hogy mikrometeorit-becsapódások okozta többszörös burkolatsérülés esetén az asztronauták biztosak lehessenek benne, hogy mely vészhelyzeti kabinok sértetlenek, alaphelyzetében mindegyik vészhelyzeti kabinnak csukva lenne az ajtaja, belül túlnyomást létrehozva, amiről pedig egy nagy fényerejű LED lámpa adna színjelzéssel folyamatos tájékoztatást.

A vészhelyzeti kabinok tűzálló anyagból készülnének, és a füstérzékelő riasztása esetén folyamatos hangjelzést is kiadnának, hogy az asztronauták számára rossz látási viszonyok között is lehetővé tegyék a tájékozódást. Mindegyik vészhelyzeti kabinba beépített lenne egy-egy kommunikációs terminál és a lakómodul tűzoltórendszerének vezérlőpanelje, de gyorsan terjedő és az asztronauták életét közvetlenül veszélyeztető tűz esetére mindegyik vészhelyzeti kabin rendelkezne egy külön kapcsolóval is, aminek a segítségével a lakómodul mindkét fő részegységének, a legénységi modulnak és a pajzsmodulnak is kiengedhető lenne a levegője közvetlenül az űrbe, vákuumot létrehozva és ezáltal a keletkezet tüzet azonnal eloltva.

A pajzsmodul még összehajtogatott állapotában egy SpaceX Falcon Heavy hordozórakétával kerülne fellövésre az alacsony Föld körüli pályán lévő gravitációs gyűrűhöz, ahol a gravitációs gyűrű külső pereméhez való csatlakoztatását követően felfújásra kerülne. Annak érdekében, hogy a gravitációs gyűrű legnagyobb tömegű űrállomásmoduljának a rögzítése a gravitációs gyűrű lassú forgásának az elindítása után is stabil maradhasson, a gravitációs gyűrű szerkezeti építőelemeiként szolgáló kriogén tartályokhoz drótkötelekkel több ponton is külön hozzáerősítésre kerülne a hozzájuk képest többszörös átmérőjű pajzsmodul.



49. SpaceX Falcon Heavy hordozórakéta indítása (Kredit: SpaceX)

A SpaceX Falcon Heavy hordozórakétával való fellövése során a pajzsmodul egy kriogén tartályban, cseppfolyós halmazállapotban már tartalmazná a külső védőrétegében lévő celláknak a feltöltéséhez szükséges mennyiségű nitrogént, és az összehajtogatott pajzsmodul teljes terjedelműre való felfújása is ennek a nitrogénnek a használatával történne meg. Viszont a pajzsmodul belső védőrétegének a feltöltéséhez, az abba kerülő legalább száz tonna összsúlyú dilatáns folyadék a Főnix-program teherszállító változatú újrafelhasználható űrrepülőgépével kerülne több részletben felhordásra.

Ezt követően a Space Launch System szupernehéz hordozórakétájával szintén fellövésre kerülő legénységi modul belehelyezésre kerülne a pajzsmodul belsejébe. Ennek megvalósíthatóságához a henger alakú pajzsmodul egyik végén egy kör alakú nyomásálló ajtó helyezkedne el, aminek az átmérője a legénységi modul átmérőjéhez lenne tervezve, lehetővé téve, hogy a pajzsmodul nagyméretű nyomásálló ajtaját kinyitva a legénységi modul betolható lehessen a pajzsmodul belsejébe, ahol a kipányvázásával az stabilan rögzítésre kerülhet.



50. Bruce McCandless II asztronauta űrsétán a Challenger Orbiterről (Kredit: NASA)

A legénységi modulnak a pajzsmodul belsejében való rögzítését követően a pajzsmodul nagyméretű nyomásálló ajtaja lezárásra kerülne, majd duplafalú kialakításának köszönhetően maga a nyomásálló ajtó is feltöltésre kerülne a mikrometeoritok elleni védelmet biztosító dilatáns folyadékkal. Ettől függetlenül ez a nyomásálló ajtó lenne a leggyengébb pontja a pajzsmodulnak, ezért a pajzsmodul nyomásálló ajtaja és a pajzsmodulon belül kipányvázott legénységi modul közötti nyomás alatt lévő terület az asztronauták számára elsősorban raktérként szolgálna, az ide helyezett tartalékokkal javítva a kozmikus sugárzás illetve a mikrometeoritok elleni védelmet.

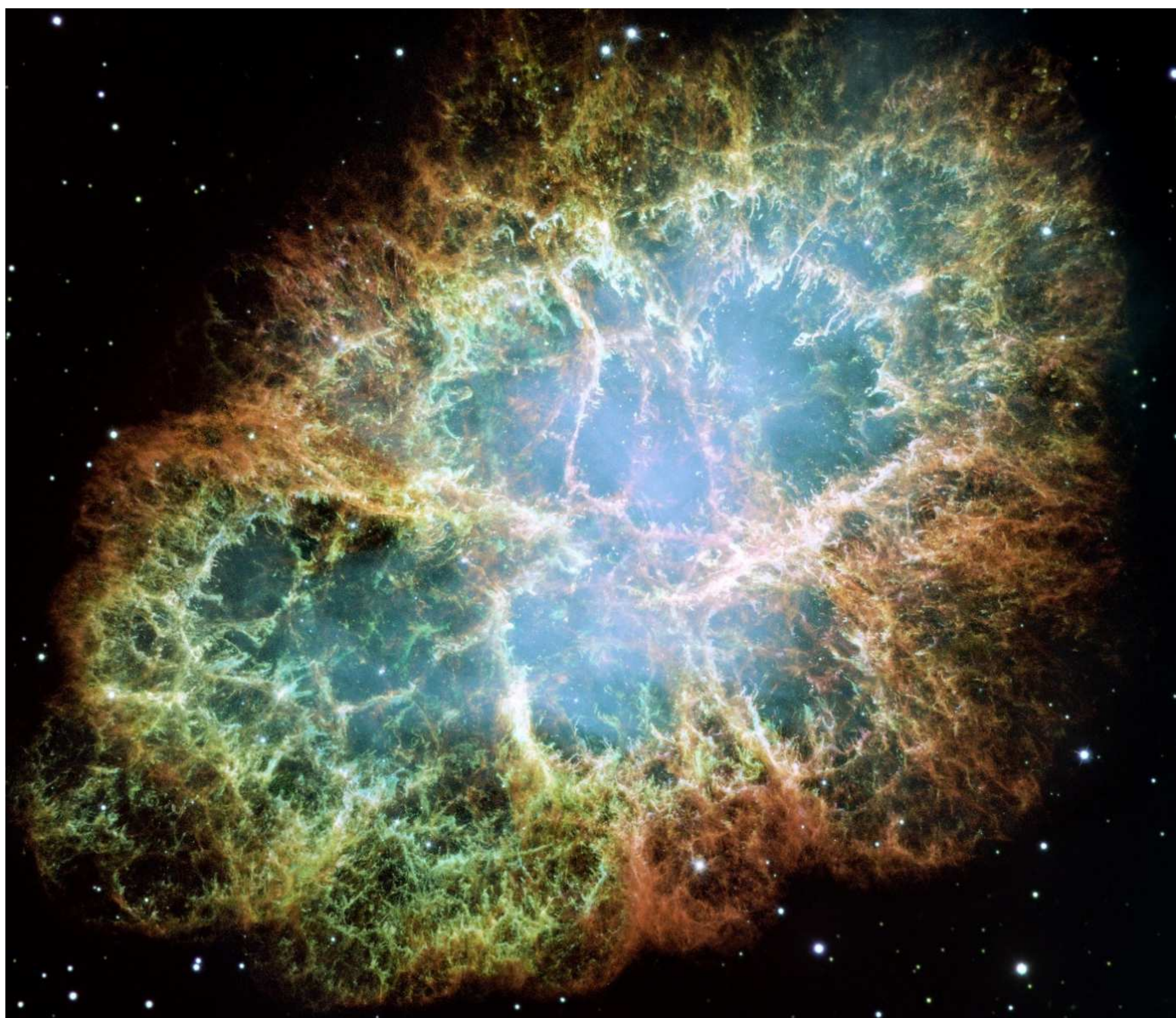
A henger alakú pajzsmodul a nagyméretű nyomásálló ajtajával ellentétes végén egy megerősített szerkezetű légzsilippel rendelkezne, ami méterekre benyúlna a pajzsmodul belsejébe. A pajzsmodulba való behelyezésekor a mindkét végén egy-egy saját légzsilippel rendelkező legénységi modul erre a megerősített szerkezetű légzsilipre kerülne rácsatlakoztatásra, lehetővé téve az asztronauták számára, hogy a legénységi modul illetve a pajzsmodul légzsilipjén is keresztülhaladva elhagyhassák a lakómodult. A pajzsmodul légzsilipje magán a nyomáskamrán túl tartalmazná a szkafanderek fel- és levételére illetve tárolására alkalmas helyiséget is.



51. Goldstone Mélyűr-kommunikációs Komplexum (Kredit: NASA)

A pajzsmodul belső fala és a legénységi modul külső fala közötti legalább háromméternyi távolság nemcsak az asztronauták életterének a növelésére szolgálna, hanem a Cryptococcus neoformanshoz hasonló gombáknak az asztronauták általi nagy mennyiségben történő folyamatos tenyésztésére is.

Ugyanis, bár a pajzsmodul belső védőrétegében lévő dilatáns folyadéknak a mennyisége megfelelő lehet a mikrometeoritok elleni védelemre, de a kozmikus sugárzás elfogadható mértékűre való csökkentéséhez és egy napkitöréstől való megfelelő szintű védelemhez ez a fél méter vastag védőréteg is kevés lehet, már csak azért is, mert a folyamatos kozmikus sugárzás hatására idővel maguk a védőrétegek is sugárzóvá válnak, egy másodlagos sugárforrást is létrehozva, ezért az asztronautákat érő élő szövetet roncsoló sugárzás mértékének a további csökkentéséhez szükség van az ionizáló sugárzást melanin segítségével elnyelő gombák tenyésztésére a pajzsmodul belső falának teljes felületén.

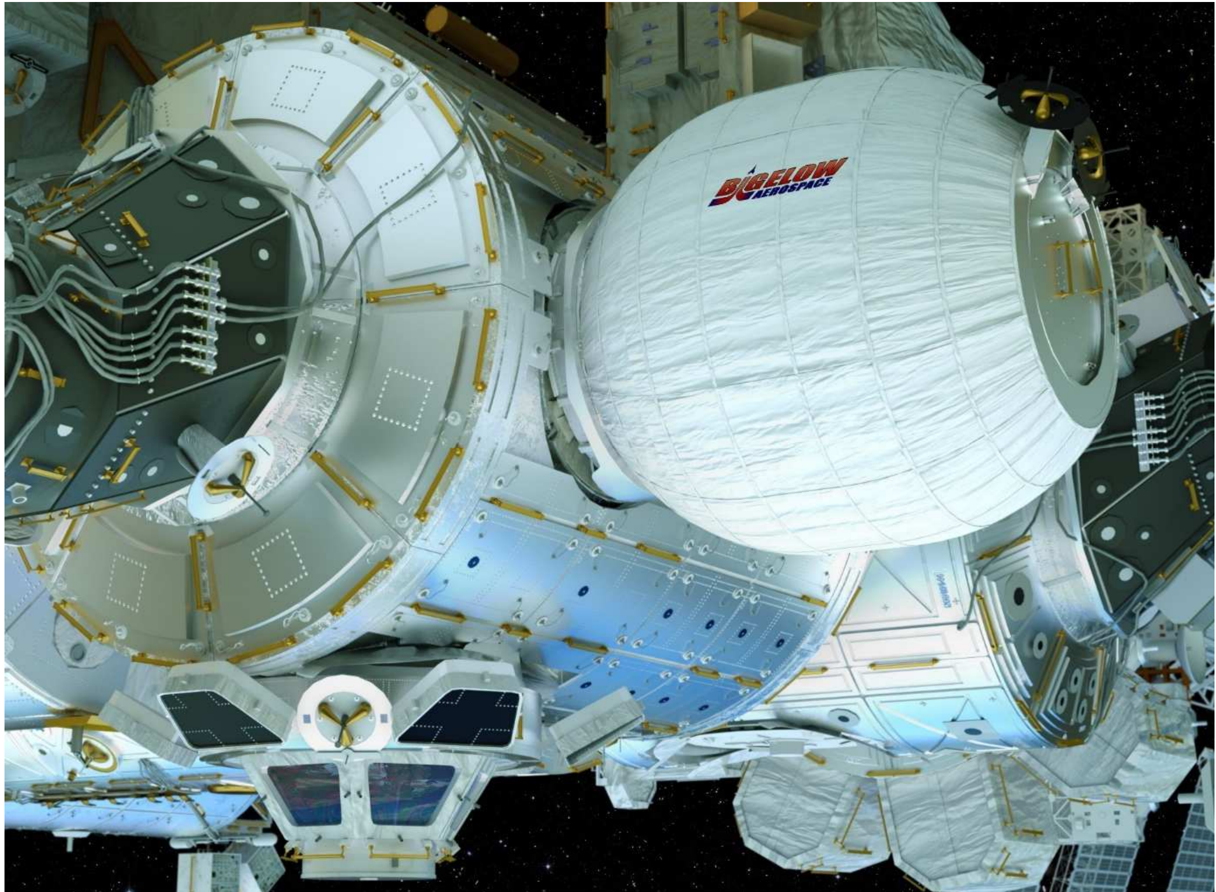


52. A kozmikus sugárzás egyik forrása, a Rák-köd (Kredit: NASA)

A pajzsmodul a mikrometeoritok illetve a kozmikus sugárzás elleni védelmen túl a teljes lakómodul elsődleges hőmérsékletszabályozásáért is felelne. Ehhez a pajzsmodul egy nagyteljesítményű hűtő-fűtő berendezéssel rendelkezne, ami a pajzsmodul mindkét védőrétegéhez és az asztronauták életterét kiegészítő nyomás alatti belső területhez is hozzákapcsolódna, állandóan fenntartva egy

optimális hőmérsékletet a külső védőrétegben lévő nagynyomású nitrogéngázban, a belső védőrétegben lévő dilatáns folyadékban, és a belső élettérben lévő levegőben egyaránt.

Így az önálló belső hőmérsékletszabályozással rendelkező legénységi modult pluszban három külön-külön szabályozott vastag hőszigetelő réteg venné körül, jelentősen növelve a biztonságot a mélyűri küldetés alatt.



53. A Bigelow Felfújható Tevékenységmodul az ISS-hez csatlakoztatva (Művészi koncepció) (Kredit: Bigelow Aerospace)

Bár maga a legénységi modul a pajzsmodul belsejében, egy nyomás alatt lévő területen helyezkedne el, és így az asztronautáknak a mélyűri küldetés során elég csak a pajzsmodul légzsilipjét használniuk, fölöslegessé téve a legénységi modul mindkét végébe beépített légzsilipeket, de a mikrometeorit-becsapódásokon illetve esetleges tűzeseteken túl még számtalan olyan vészhelyzet lehetséges, amelyeknél a legénységi modul saját légzsilipjeinek a megléte létfontosságúvá válhat.

Ez utóbbira példa, hogy mivel a pajzsmodul méretei csak a legénységi modul abban való elhelyezését tennék lehetővé, ezért a különálló létfenntartó űrállomásmodulnak a kozmikus sugárzás illetve mikrometeoritok elleni saját védelme minimális lenne, így ennek okán, és mert a marsi küldetés során mindenből teljes értékű tartalékkal kell rendelkezni, a gravitációs gyűrű külső pereméhez az ellentétes oldalon hozzácsatlakoztatásra kerülne még egy pontosan ugyanolyan legénységi modul illetve létfenntartó űrállomásmodul, viszont a tartalékként szolgáló legénységi modul pajzsmodullal már nem rendelkezne.



54. Nick Hague asztronauta űrsétán a Nemzetközi Űrállomáson (Kredit: NASA)

2.5 Létfenntartó űrállomásmodul

A gravitációs gyűrű külső pereméhez rögzített lakómodulhoz hozzácsatlakozásra kerülő létfenntartó űrállomásmodul szerepe univerzális lenne. Bár a legalapvetőbb képességeivel maga a legénységi modul is rendelkezne, annak saját életfenntartó berendezéseinek a kapacitása kizárólag vészhelyzeti használatra lennének elegendőek, ezért a marsi küldetés teljes időtartama alatt a létfenntartó űrállomásmodul szolgálná ki ezen a téren az asztronautákat.

A létfenntartó űrállomásmodul biztosítaná az asztronauták számára az ivóvizet, a fűtést, az oxigént, a levegő párátlanítását, a szén-dioxid kivonásával a levegő optimális összetételét, a folyamatos energiaellátást a gravitációs gyűrűn elhelyezett napelemtáblákból, a vészhelyzeti energiaellátást akkumulátorokból illetve hidrogént és oxigént felhasználó üzemanyagcellákból, a hulladékkezelést, a szennyvízkezelést, és többek közt a vízvisszaforgatást is.



55. Környezetszabályozó és Létfenntartó Rendszer (Kredit: NASA)

A létfenntartó űrállomásmodul a gravitációs gyűrű egyik küllőjének a végén lévő T-elosztó kialakítású összekötőelemnél kerülne a gravitációs gyűrű külső pereméhez rögzítésre, így ezen a T-elosztó kialakítású összekötőelemen keresztül a létfenntartó űrállomásmodul hozzáférhetne a gravitációs gyűrű kriogén tartályaiban cseppfolyós halmazállapotban tárolt több száz tonnányi hidrogénhez és oxigénhez.

Mivel a gravitációs gyűrű kriogén tartályai közötti összekötőelemek az energia- és adathálózat kiépítését is szolgálnák, így a T-elosztó kialakítású összekötőelemen keresztül a létfenntartó űrállomásmodul és a hozzá csatlakoztatott lakómodul ezeknek a hálózatoknak is a részévé válna. Annak érdekében, hogy a létfenntartó űrállomásmodul ne akadályozza a szintén a T-elosztó

kialakítású összekötőelemhez rögzített manőverező hajtóműmodult a működése közben, a gravitációs gyűrű négy manőverező hajtóműmodulja a gravitációs gyűrű pereméhez nem kifelé, hanem oldalirányban kerülne rögzítésre úgy, hogy két átellenesen elhelyezkedő manőverező hajtóműmodul az egyik, két átellenesen elhelyezkedő manőverező hajtóműmodul pedig a másik oldalirányban lenne rögzítve.

Az asztronauták életterét a teljes mélyűri küldetés alatt biztosító lakómodulra a létfenntartó űrállomásmodul a pajzsmodul megerősített szerkezetű légzsilipjén keresztül csatlakozna rá, ugyanakkor a legénységi modulhoz hasonlóan a létfenntartó űrállomásmodul is rendelkezne mindkét végén egy-egy saját légzsilippel.



56. ECLSS Internal Thermal Control System tesztlétesítmény a Marshall Űrközpontban (Kredit: NASA)

Így annak ellenére, hogy a létfenntartó űrállomásmodul gyakorlatilag kizárólag gépészeti berendezésekből és akkumulátorokból, illetve különféle kapacitású kriogén tartályokból, víztartályokból, és többek közt levegőtartályokból állna, a belső tere levegővel feltöltött nyomás alatt lévő terület lenne. Ugyanakkor a mikrometeoritokkal és a kozmikus sugárzással szembeni elhanyagolható mértékű védettsége miatt biztonsági okokból a létfenntartó űrállomásmodulba az asztronauták kizárólag csak a Starman űrruháikban léphetnének be.

Mivel a gravitációs gyűrű külső peremének sokszög alakzatából kifolyólag a létfenntartó űrállomásmodul eltérő szögben helyezkedne el a lakómodulhoz képest, ezért a hosszú henger alakú létfenntartó űrállomásmodul a lakómodul felőli végénél egy néhány négyzetméteres átkötőelemmel

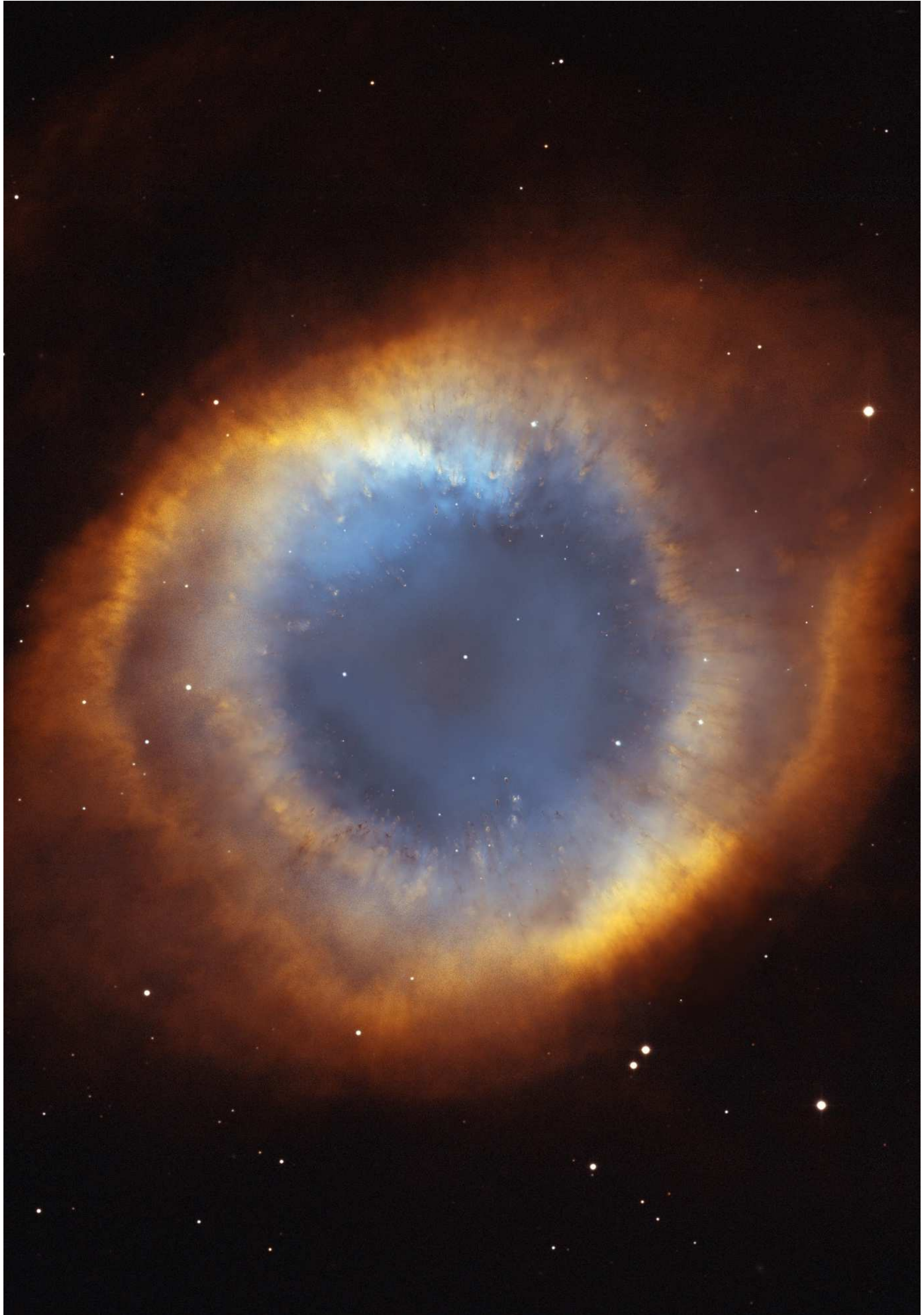
is rendelkezne, ami kompenzálni tudná a létfenntartó űrállomásmodul és a lakómodul néhány fokban eltérő irányú elhelyezkedését. A legénységi modulnak a létfenntartó űrállomásmodul berendezéseivel való különféle csővezetékes illetve kábeles kapcsolata is ezen az átkötőelemen keresztül lenne biztosított.

A létfenntartó űrállomásmodulnak a lakómodullal ellentétes végén elhelyezkedő másik légzsilipje egyben egy univerzális dokkolóegységet is tartalmazna, amibe bármelyik űrhajó illetve marsi leszállóegység képes lenne bedokkolni, és ebből a légzsilipből nemcsak az épp bedokkolt űrhajó felé tudnának távozni az asztronauták, hanem akár az űr felé is egy űrséta megkezdéséhez. Míg a létfenntartó űrállomásmodulhoz épp bedokkolt űrhajóba való átszálláshoz, illetve a létfenntartó űrállomásmodulban való, például karbantartási célú tartózkodásoknál elég csak a Starman űrruhát hordaniuk az asztronautáknak, addig az űrsétákhoz már minden esetben a kifejezetten a mélyűri munkavégzésre fejlesztett xEMU szkafandert húznák fel az asztronauták.



57. Canadarm2 mechanikus kar a Nemzetközi Űrállomáson (Kredit: NASA)

A létfenntartó űrállomásmodul egy Canadarm típusú mechanikus karral is rendelkezne, ami olyan hosszúságú lenne, hogy az űrhajók dokkolását elősegítő alapfeladatán túl lehetővé tenné a mechanikus kar fejével való elérését mind a létfenntartó űrállomásmodul, mind a lakómodul külső burkolatának bármely pontjának. Ezáltal a külső burkolatok rendszeres átvizsgálásán túl egy esetleges mikrometeorit által okozott burkolatsérülés is könnyebben javíthatóvá válna az asztronauták által.



58. Hélix-köd (Kredit: NASA)

2.6 Műszaki kiszolgáló űrhajó

Bár az egyben mélyűri űrhajóként is használható gravitációs gyűrű önmagában is könnyedén ki tudná szolgálni az akár kétéves időtartamú marsi küldetést, de mivel a mélyűrben haladva a gravitációs gyűrűnek mindig ugyanazt a napelemtáblákkal borított oldalát kell mutatnia a Nap felé annak érdekében, hogy a cseppfolyós halmazállapotú hidrogént illetve oxigént tároló kriogén tartályait folyamatosan az árnyékban tarthassa, arról nem is beszélve, hogy bármilyen manőverezés a 200 méter átmérőjű gravitációs gyűrűvel rendkívül nagy mennyiségű rakéta-hajtóanyagot emészt fel, ezért a gravitációs gyűrű az alacsony Föld körüli pályát elhagyva továbbra is sokkal inkább csak egy mozgó űrállomásnak számítana.

Ebből kifolyólag a Főnix-programban kifejlesztésre kerülne egy olyan műszaki kiszolgáló űrhajó, amivel szükség esetén az asztronauták a szkafanderükhöz csatlakoztatható Emberes Manőverező Egység (MMU) hatótávján túlra is eltávolodhatnak a gravitációs gyűrűtől, és amivel a gravitációs gyűrűhöz rögzített különböző szerepű űrállomásmodulokat akár a Földtől több tízmillió kilométerre a mélyűrben is megragadhatják, hogy a lecsatlakoztatásuk után a gravitációs gyűrű peremén máshova áthelyezhessék azokat.

Ez utóbbira lehet példa, amikor a lakómodulhoz csatlakoztatott létfenntartó űrállomásmodult egy nem javítható sérülése vagy meghibásodása miatt ki kell cserélni a gravitációs gyűrű ellentétes oldalára rögzített tartalék létfenntartó űrállomásmodullal.



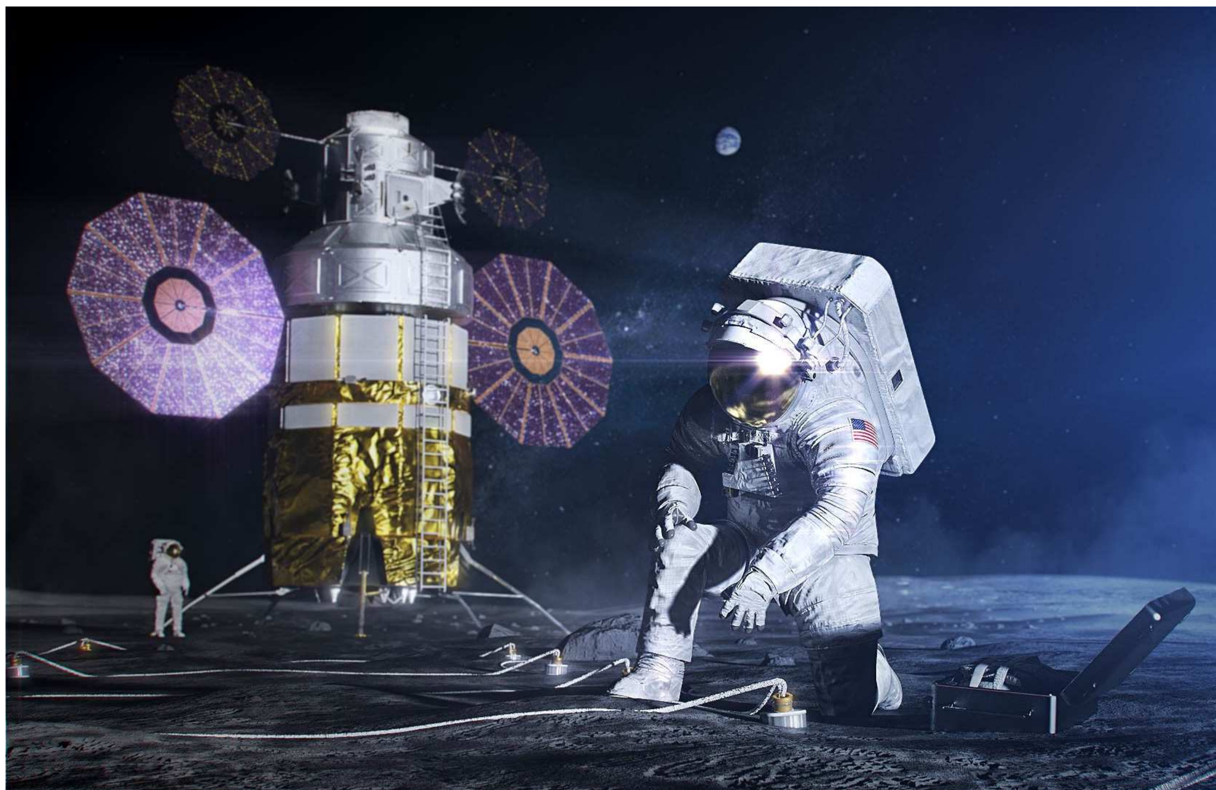
59. Orion többcélú személyszállító eszköz az ATV szervizmodullal (Művészi koncepció) (Kredit: ESA)

A műszaki kiszolgáló űrhajó az Orion MPCV alapján kerülne kifejlesztésre, de attól alapvetően eltérne. A műszaki kiszolgáló űrhajó ugyanis nem rendelkezne hővédőpajzzsal, és az Orion MPCV-vel ellentétben a hozzá tartozó szervizmodul a személyzeti modullal azonos átmérőjű és azzal teljes mértékben egybeépített is lenne. A szervizmodul nem rendelkezne kinyitható napelemtáblákkal sem, ehelyett a napelemtáblák a SpaceX Dragon 2 űrhajó kialakításához hasonlóan a szervizmodul

burkolatán helyezkednének el annak érdekében, hogy a gravitációs gyűrű közvetlen közelében történő manőverezést ne akadályozzák.

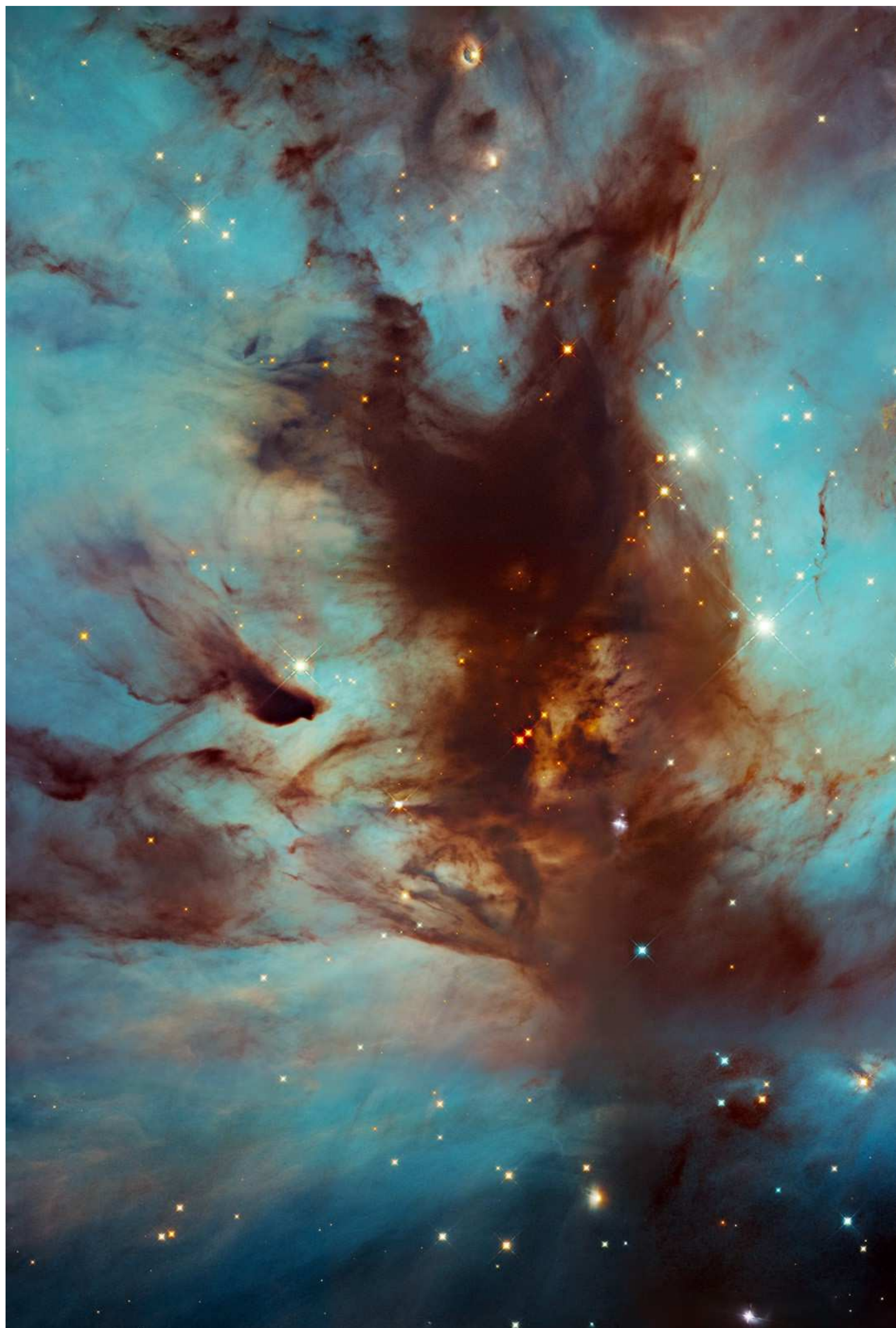
A műszaki kiszolgáló űrhajó orrán elhelyezkedő dokkolóegység az Orion MPCV-hez képest előrébb kerülne, ugyanis az Orion MPCV-vel ellentétben a műszaki kiszolgáló űrhajó egy kisebb légzsilippel is rendelkezne. Ez a henger alakú légzsilip egyedi kialakítású lenne, mert a külső burkolatán négy darab külön-külön nyitható és zárható nyomásálló ajtóval rendelkezne, amelyekre egy-egy xEMU szkafander kerülne a hátán lévő bebújó nyíláson keresztül rácsatlakoztatásra úgy, hogy a műszaki kiszolgáló űrhajó légzsilipjének külső burkolatán 90 fokonként elhelyezkedő nagyméretű xEMU szkafanderek ne zavarják a személyzeti modul manőverező fúvókáinak a működését.

Mivel a NASA kifejezetten mélyűri munkavégzésre fejlesztett xEMU szkafandereit már nem kell részegységenként felvenni, hanem az asztronauta a szkafander hátán lévő résen keresztül bejutva tudja azt felvenni, így a műszaki kiszolgáló űrhajó légzsilipjének az átmérőjének nem kell nagyobbnak lennie a dokkolóegységének az átmérőjénél, és az asztronauták gyorsan és egyszerűen tudnák megkezdeni az űrsétát a már eleve az űrben lévő szkafandereikkel, aminek különösen az esetleges vészhelyzeti javításoknál lenne jelentős szerepe.



60. xEMU szkafandert viselő asztronauták a Hold felszínén (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

A műszaki kiszolgáló űrhajó szervizmoduljába két darab Canadarm típusú mechanikus kar lenne beépítve annak érdekében, hogy a műszaki kiszolgáló űrhajó egyszerre tudja magát az egyik Canadarm mechanikus karjának a segítségével a gravitációs gyűrűhöz is rögzíteni, és közben pedig a másik Canadarm mechanikus karjának a segítségével egy űrállomásmodult vagy egy szerelést végző asztronautát is mozgatni.



61. Láng-köd (Kredit: NASA)

A mélyűri küldetés során a műszaki kiszolgáló űrhajó folyamatosan a gravitációs gyűrű lakómoduljához hozzácsatlakoztatott létfenntartó űrállomásmodulnak a dokkolóegységébe lenne bedokkolva. Azonban a marsi küldetéshez egy tartalék műszaki kiszolgáló űrhajó is rendelkezésre állna, ami pedig egyszerűen csak a gravitációs gyűrű külső pereméhez kerülne hozzácsatlakoztatásra a gravitációs gyűrű stabil forgásához szükséges optimális súlyelosztást figyelembe véve.

A műszaki kiszolgáló űrhajó az Orion MPCV-vel ellentétben a manőverezéshez folyékony hidrogént és folyékony oxigént használna rakéta-hajtóanyagként. Bár más típusú, a folyékony hidrogénhez és a folyékony oxigénhez képest hűtést kevésbé vagy egyáltalán nem igénylő és egyszerűbben tárolható rakéta-hajtóanyagokkal a marsi küldetéshez szükséges eszközök egyszerűbbre lennének tervezhetők, de a folyékony hidrogén és a folyékony oxigén kizárólagos használatával a gravitációs gyűrűtől a marsi leszállóegységekig a mélyűri küldetés kulcselemei a lehető legkompatibilisebbek lehetnek egymással, lehetővé téve, hogy a mikrometeoritok becsapódásától egy a lakómodulban bekövetkező meghibásodásból fakadó tűzesetig az asztronauták számára mindig legyen lehetőség a felmerülő problémák megoldására vagy legalább áthidalására, és bármilyen körülmények között mindig legyen elegendő, a Földre való visszatéréshez szükséges mennyiségű rakéta-hajtóanyaguk, oxigénjük illetve vizük.



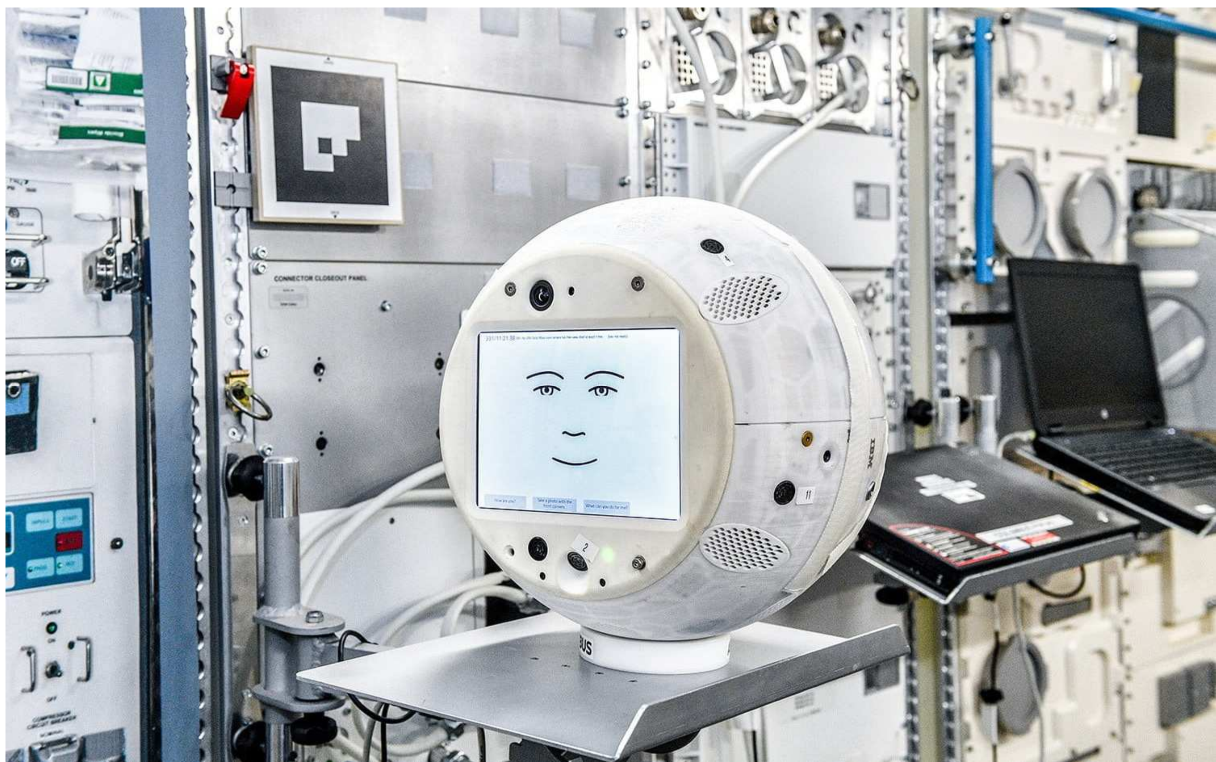
62. Orion Első Felfedező Tesztrepülés repülésirányító helyiség (Kredit: NASA)

Ennek érdekében a létfenntartó űrállomásmodul bármilyen űrhajó illetve marsi leszállóegység dokkolására alkalmas univerzális dokkolóegysége egyben egy LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag átfejtőegység is lenne, lehetővé téve az éppen bedokkolt űrhajók folyékony hidrogénnel illetve folyékony oxigénnel való feltöltését, felkészítve őket a különféle mélyűri feladatokra vagy épp a Mars felszínén való landolásra.

Azonban a nagymértékű kompatibilitás szükségessége nemcsak a LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagra és a hozzá kapcsolódó hűtőberendezésekre, szivattyúkra, szelepekre és többek közt rakétahajtóművekre vonatkozik, hanem például a marsi küldetéshez használt operációs rendszerre és a célszoftverekre is. Így az Apollo-13 küldetésben történtekhez hasonló, egy a küldetés megszakítását előidéző vészhelyzetben a más célokra tervezett eszközök képességei is azonnal rendelkezésre állhatnak a marsi küldetésben való szerepüktől akár teljesen eltérő feladatok végrehajtására is.

2.7 Műszaki felderítő robot

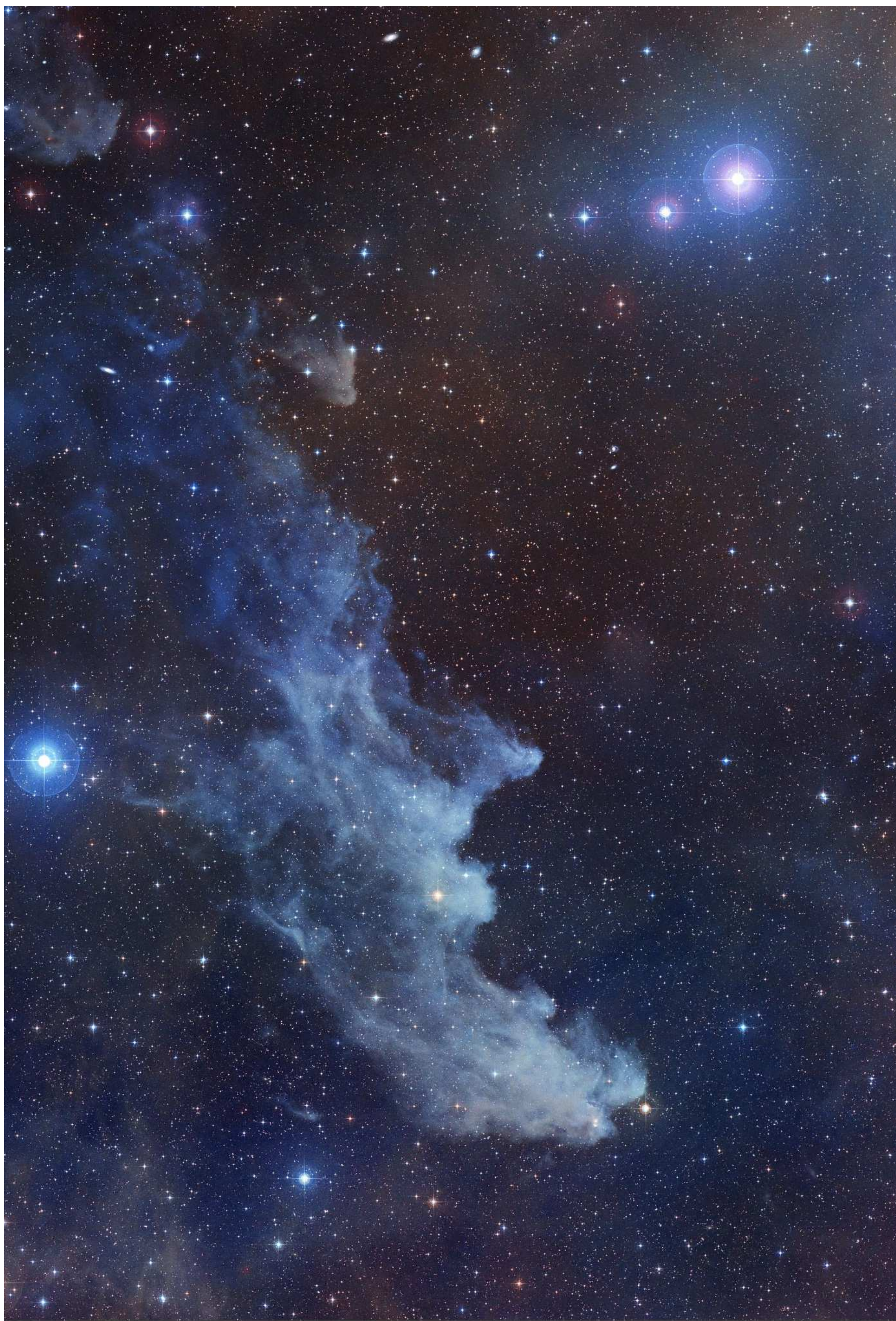
Az akár kétéves időtartamú marsi küldetés során a gravitációs gyűrű szerkezetének illetve minden hozzá csatlakoztatott részegységnek, űrállomásmodulnak, űrhajónak illetve leszállóegységnek folyamatosan monitorozva kell lennie, nemcsak a gyakorlatilag mindenben megtalálható telemetrikus rendszereknek a szenzoradatait tekintve, hanem az anyagelfáradástól a mikrometeorit-becsapódásokig a külső burkolatokon észlelhető jeleket is keresve.



63. Crew Interactive MObile companioN (CIMON) (Kredit: IBM)

Ez azonban a folyamatos forgásban lévő 200 méter átmérőjű gravitációs gyűrű esetében egyáltalán nem egyszerű feladat, ezért a Főnix-programban, az Airbus CIMON robotját alapul véve, kifejezetten erre a célra kifejlesztésre kerülne egy mélyűri alkalmazhatóságú autonóm megfigyelő eszköz.

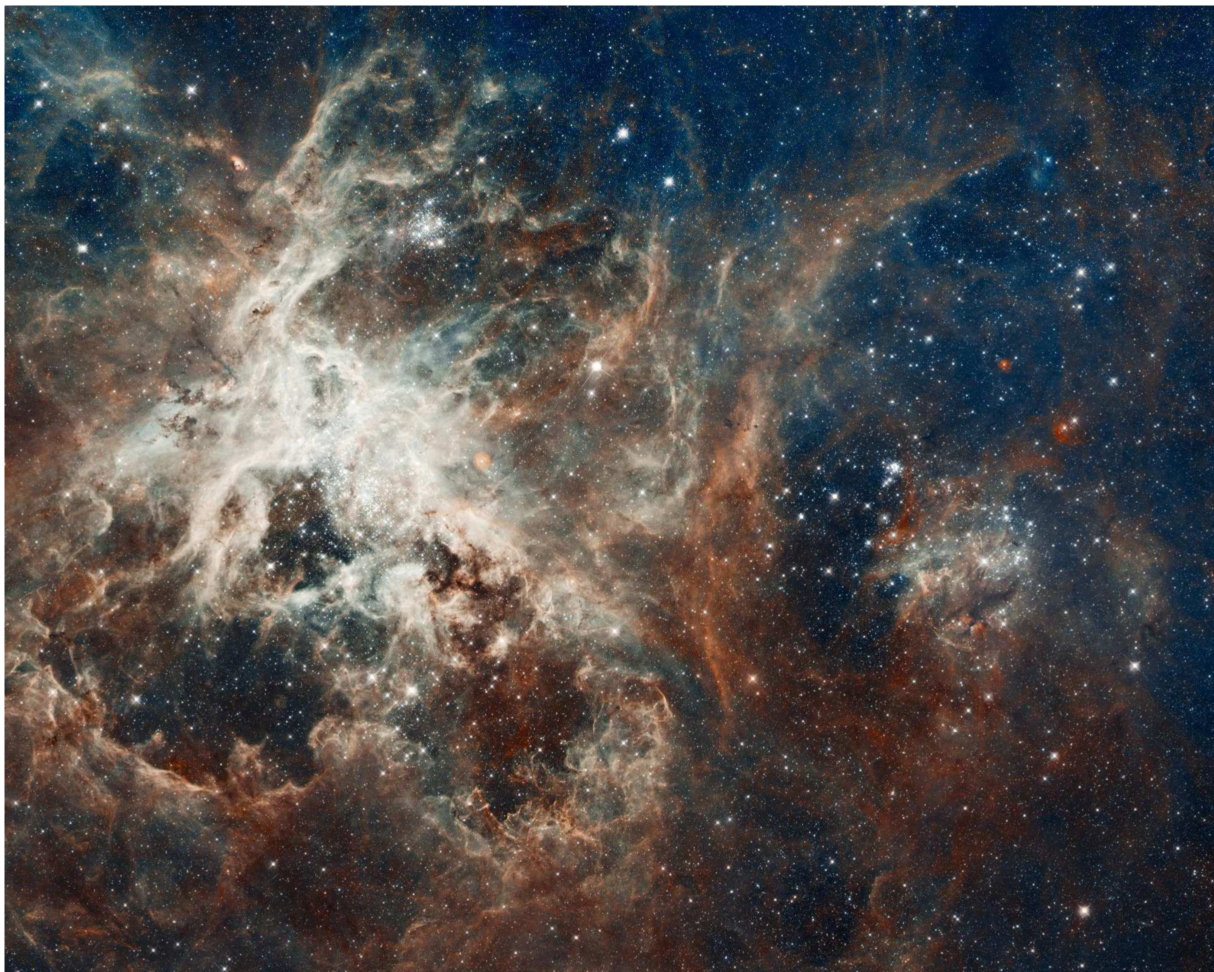
Mivel ez a műszaki felderítő robot néhány kivételtől eltekintve mindig a gravitációs gyűrű iROSA napelemtáblái által keltett árnyékban tevékenykedne, így saját napelemekkel fölösleges lenne rendelkeznie. Viszont ebből kifolyólag a gömb alakú műszaki felderítő robot legalább egyméteres átmérőjű lenne annak érdekében, hogy az akkumulátorainak a kapacitása elegendő lehessen az optikai eszközeinek, fedélzeti számítógépének, kommunikációs berendezésének, és többek közt a saját áramköreit védő fűtésének a táplálására akár napokon át tartó megszakítás nélküli űrbeli üzemelésnél is.



64. Boszorkányfej-köd (Kredit: NASA)

A gravitációs gyűrű lakómoduljában az asztronauták az akár kétéves marsi küldetés alatt a légzésükkel rengeteg szén-dioxidot termelnek majd, ami a gravitációs gyűrű iROSA napelemtáblái által rendelkezésre álló nagymennyiségű energiával egy a NASA MOXIE eszközén alapuló berendezéssel részben visszaalakítható lenne oxigénné, az ennek során termelődő szén-monoxid pedig ideális hajtóanyag lenne a műszaki felderítő robot számára.

A szén-monoxidot egy nagynyomású tartályban gáz halmazállapotban tárolva és a manőverező fúvókáin át nagy sebességgel kiengedve a gömb alakú műszaki felderítő robot könnyedén be tudná járni a gravitációs gyűrű közvetlen környezetét, és nagyfelbontású képeket készítve a gravitációs gyűrű szinte minden négyzetcentiméteréről lehetővé tudná tenni a földi küldetésirányítás számára a képek elemzésével a gravitációs gyűrű folyamatos szerkezeti állapotfelmérését.



65. Tarantula-köd (Kredit: NASA)

A műszaki felderítő robot egy mesterséges intelligenciával rendelkező nagymértékben autonóm eszköz lenne annak érdekében, hogy az asztronauták idejét ne vigye el a műszaki felderítő robot távirányítással való valós idejű vezérlése, amire a földi küldetésirányítás a kommunikációban lévő nagy távolságból fakadó csúszás miatt nem lenne képes.

A tartalékképzés miatt több ilyen műszaki felderítő robot is rendelkezésre állna a marsi küldetéshez, és kifejezetten ezen műszaki felderítő robotok kiszolgálására a gravitációs gyűrű létfenntartó űrállomásmodulja rendelkezne egy kisméretű robot-dokkolóegységgel is a külső burkolatán, amin

keresztül az épp használatban lévő műszaki felderítő robot feltölthető lenne energiával és szén-monoxiddal anélkül, hogy azt az asztronautáknak a létfenntartó űrállomásmodul légzsilipjén keresztül a nyomás alatt lévő belső térbe kelljen behozniuk.

Annak érdekében, hogy az űrsétákat igénylő javítások során az asztronauták által nem megfelelően rögzített és véletlenül elejtett szerszámok ne végleg veszítődjenek el, a műszaki felderítő robot egy kisméretű robotkarral is rendelkezne, lehetővé téve, hogy begyűjthesse a véletlenül elszabaduló eszközöket és tárgyakat. Hogy ne törje meg annak tökéletes gömb alakját, alaphelyzetében ez a csuklós robotkar a műszaki felderítő robot belsejébe visszatolva helyezkedne el.

Ennek a kisméretű robotkarnak a megléte egyben azt is lehetővé tenné, hogy a műszaki felderítő robot a gravitációs gyűrű bármely pontjára stabilan rögzíthesse magát, így ha a műszaki felderítő robotnak egy adott pontot, például egy szivárgó kriogén tartályt kell napokig megfigyelnie, akkor ennek során minimalizálni tudná a szén-monoxid hajtóanyagának a fogyasztását.



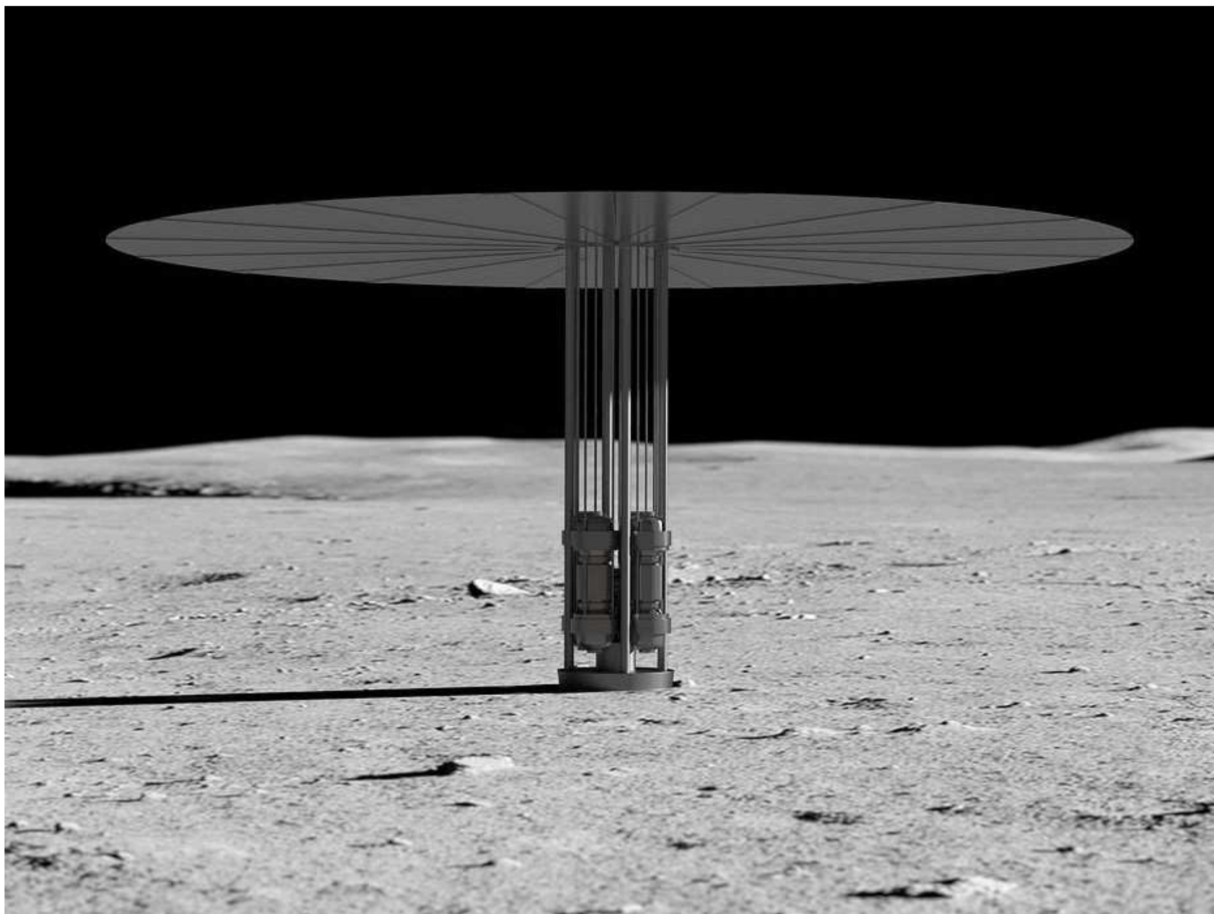
66. Mark C. Lee asztronauta teszteli a Simplified Aid for EVA Rescue (SAFER) rendszert (Kredit: NASA)

A gömb alakú műszaki felderítő robot, a külső burkolatán egyenletesen eloszolva, legalább egy tucat nagy teherbírású kapaszkodóval is rendelkezne. Ennek célja, hogy egy olyan vészhelyzetben, amikor az űrsétát végző asztronauta biztosítókötele valamilyen okból elszakad, kontrollálhatatlanná téve számára a mozgást, akkor az asztronauta az azonnal mellé manőverező műszaki felderítő robotot megragadhassa, egy szóbeli paranccsal annak manőverező fúvókái segítségével stabilizálhassa magát, majd automatikusan visszatérhessen vele a gravitációs gyűrűhöz vagy a műszaki kiszolgáló űrhajóhoz.

2.8 A nukleáris energia használata

Az olyan komplex szerkezeteknél, mint a mélyűri űrhajók, rengeteg szenzor található azok minden pontján, lehetővé téve a szelepek záródásának az ellenőrzésétől a strukturális stabilitást veszélyeztető erőhatások mérésén át a nyomás alatt lévő életterekben lévő levegő szén-dioxid szintjének a vizsgálatáig mindennek a folyamatos monitorozását. Sok esetben viszont ezeket a szenzorokat nincs lehetőség rákapcsolni a mélyűri űrhajó energiahálózatára, ami pedig egy akár kétéves mélyűri küldetés során az adott szenzorok energiaigényei alapján jelentősen korlátozhatja a használhatóságukat.

Azonban a szén 14-es tömegszámú izotópját szintetikus gyémántok csapdájába rejtő technológiával társítva már a legkülönfélébb szenzorok lennének elhelyezhetők a gravitációs gyűrű bármely pontján, mert az így gyártható Nano Diamond Battery (NDB) akkumulátorok a lemerülés kockázata nélkül folyamatosan el tudnák látni energiával ezeket a szenzorokat, és a hozzájuk tartozó adattovábbításra szolgáló vezetékmentes kommunikációs eszközöket.



67. Kilopower fissziós reaktor a Hold felszínén (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

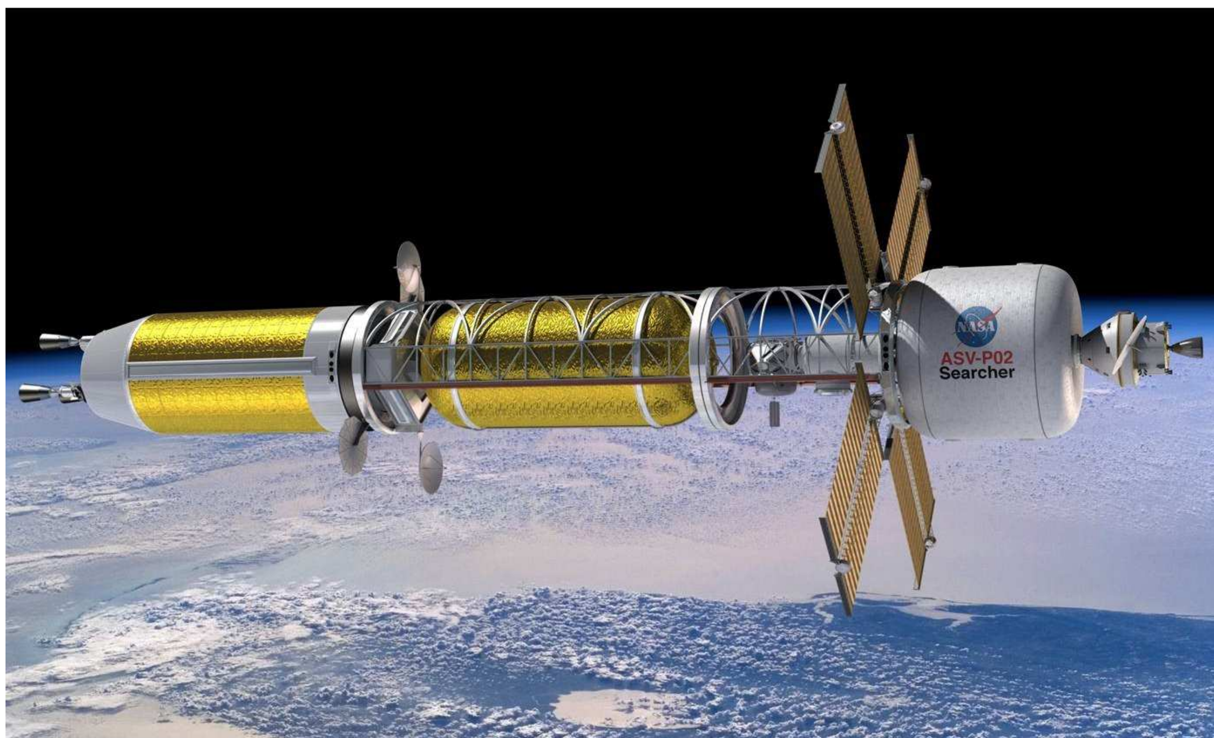
Bár a 200 méter átmérőjű gravitációs gyűrűn elhelyezett iROSA típusú napelemtáblák gond nélkül ki tudnák szolgálni a marsi küldetés teljes energiaigényét, azonban egy akár kétéves mélyűri küldetés tervezésénél soha nem lehet eléggé biztosra menni, és minden eshetőségre fel kell készülni, a megbízható nukleáris energiatermeléssel pedig jelentősen csökkenthetők a marsi küldetés kockázatai, ezért a Főnix-programban kulcsszerepet játszanának a NASA Kilopower projektjében kifejlesztésre kerülő különböző teljesítményű nukleáris reaktorok.



68. Lagúna-köd (Kredit: NASA)

Mivel a gravitációs gyűrű pereméhez rögzített, az asztronauták életterét biztosító lakómodul erősen védett lenne a sugárzással szemben, így az asztronauták számára minimálisak lennének az egészségügyi kockázatai egy nukleáris reaktorral való energiatermelésnek, ráadásul amennyiben ez a nukleáris reaktor a gravitációs gyűrű külső pereméhez annak a lakómodullal ellentétes pontjánál kerülne csatlakoztatásra, akkor a lakómodul és a nukleáris reaktor között a gravitációs gyűrű teljes 200 méteres átmérőjű szerkezete és az abban tárolt több száz tonnányi LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag is árnyékoló hatású lehetne.

Az asztronauták lakómoduljának a sugárzással szembeni jelentős védelme arra is lehetőséget ad, hogy amennyiben az erre irányuló NASA fejlesztések beérnek, akkor a gravitációs gyűrű központi szerkezeti eleméhez hozzácsatlakoztatott pályamódosító hajtóműmodul hagyományos kémiai elven működő rakétahajtóművén túl egy nukleáris termikus meghajtással (NTP) működő rakétahajtóművet is csatlakoztatni lehessen a gravitációs gyűrűhöz.



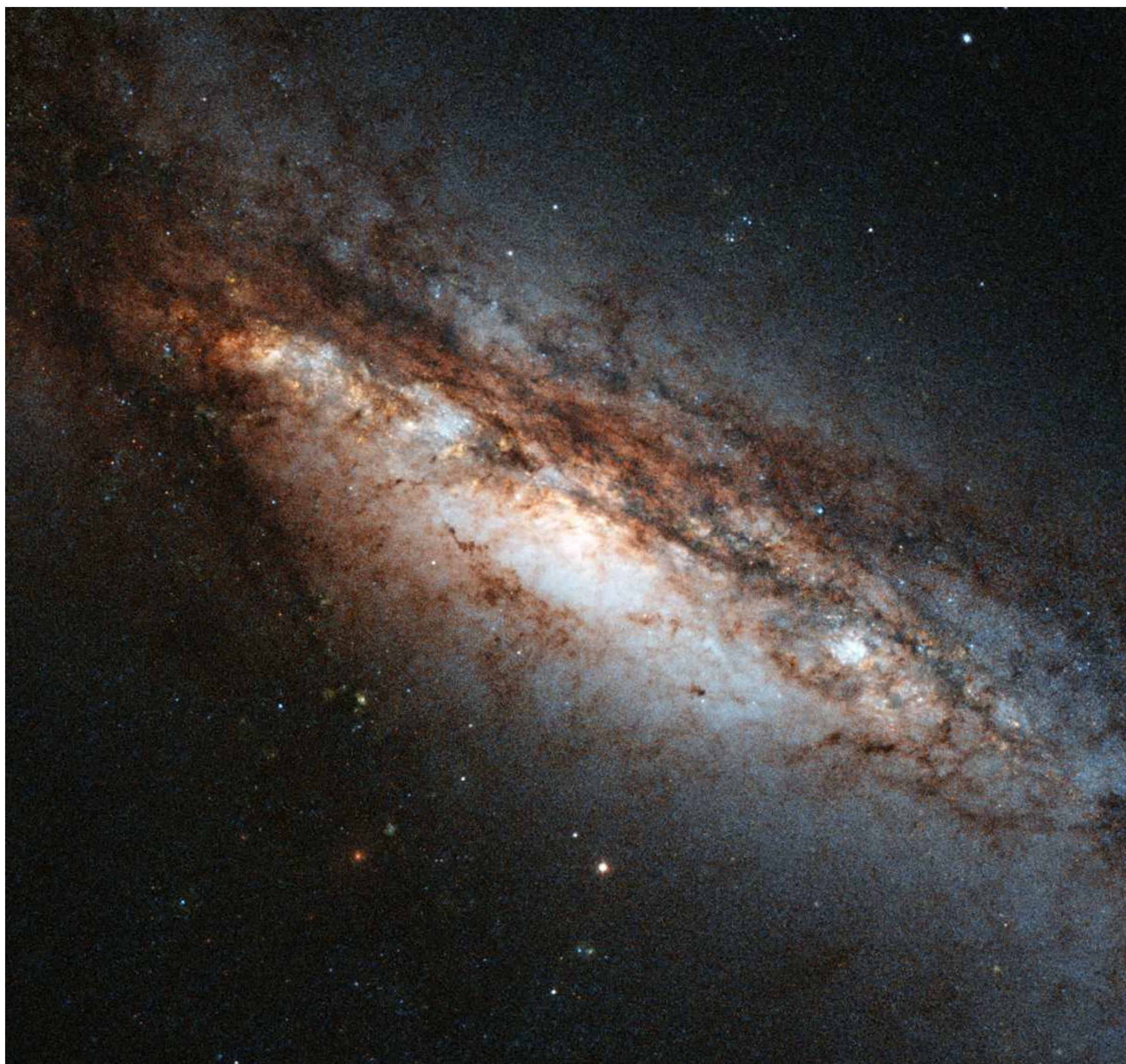
69. Mélyűri űrhajó nukleáris termikus meghajtással (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

A Főnix-programban kifejlesztésre kerülő NTP hajtóműmodul a gravitációs gyűrű építésének a befejezése és annak a Nemzetközi Űrállomásról való leválasztása után kerülne csak hozzácsatlakoztatásra az akkor már a gravitációs gyűrű részét képező kriogén űrállomásmodulhoz. Ezáltal a pályamódosító hajtóműmodul illetve az NTP hajtóműmodul a gravitációs gyűrű két ellentétes oldalán helyezkednének el.

Az NTP hajtóműmodul és a kriogén űrállomásmodul innentől egy szerkezeti egységet képeznének, mert a kriogén űrállomásmodul nemcsak a folyékony hidrogén hajtóanyaggal látná el az NTP hajtóműmodult a tolóerő létrehozásához, de a kriogén űrállomásmodul biztosítaná az NTP hajtóműmodul reaktorának a folyamatos hűtését is, amikor az NTP hajtóműmodul által biztosítható rakétameghajtásra nincs szükség.

A reaktor hűtése a kriogén űrállomásmodulban nagymennyiségben tárolt cseppfolyós halmazállapotú héliummal történne, az NTP hajtóműmodul reaktorának a hűtőköre pedig a fölös hőt a hőleadó radiátorok felé való elvezetése előtt energiatermelésre is felhasználná, így a gravitációs gyűrű NTP hajtóműmodulja két különböző üzemmódban tudna működni, rakétameghajtó vagy energiatermelő üzemmódban.

Biztonsági okokból az NTP hajtóműmodul egy szilárd hajtóanyagú mentőrakétával is felszerelt lenne, ami a reaktorának az asztronautákra nézve veszélyes meghibásodása esetén másodpercek alatt nagy távolságra tudná juttatni a gravitációs gyűrűtől a teljes NTP hajtóműmodult. Ez a vészhelyzeti kilökőrendszer nemcsak manuálisan lenne indítható az asztronauták által, hanem bizonyos kritikus hőmérsékleti illetve többek közt sugárzási határértékek elérése esetén teljesen automatikusan is.



70. NGC 660 polárgyűrűs galaxis (Kredit: NASA)

Mivel a szilárd hajtóanyagú mentőrakétának az égési ideje csak néhány másodperc lenne, így amennyiben a gravitációs gyűrűtől eltávolodott NTP hajtóműmodul a meghibásodásának az okai alapján még menthetőnek tekinthető, akkor az asztronauták a műszaki kiszolgáló űrhajóval könnyen érte tudnának menni, és a javítást követően vissza tudnák vontatni azt a gravitációs gyűrűhöz.



71. A Jupiter déli pólusa (Kredit: Gabriel Fiset)

2.9 Mélyűri obszervatórium

Az űrkutatás szerepe az emberiség történetében jóval több egy zászló kitűzésénél egy idegen bolygón. Az univerzum keletkezésének a megértésétől a klímakutatáson és időjárás-előrejelzésen át a más bolygókon való élet kereséséig számtalan tudományos program segíti az emberiséget a fejlődésben. A gravitációs gyűrű pedig a marsi küldetés kiszolgálásán túl a legkülönfélébb tudományos programok számára szolgálhat platformként.



72. Hubble űrtávcső (Kredit: NASA)

Mivel a gravitációs gyűrű a forgásával fenntartott mesterséges gravitációjával és a lakómoduljának az elégséges sugárzásvédelmével a mélyűrben is biztonságos életteret tudna biztosítani az asztronauták számára, így az asztronauták folyamatos jelenléte által biztosított karbantartási és javítási lehetőségeknek köszönhetően a gravitációs gyűrűn azok a tudományos programok is egyszerűbben végrehajthatók lehetnek, amikre az alacsony Föld körüli pálya nem ideális.

Egy ilyen lehetőség a gravitációs gyűrű mélyűri obszervatóriumként való használata a már igencsak koros Hubble űrtávcsőnek a hozzá való csatlakoztatásával. Mivel az asztronauták lakómodulja egy ablakok nélküli teljesen zárt szerkezet lenne, és a nagyobb pályamódosításokat kivéve a gravitációs

gyűrű rakétahajtóművei sem lennének használva, így a gravitációs gyűrűre az iROSA napelemtáblák árnyékában rögzítve a Hubble űrtávcsővel bármilyen fényszennyezés zavaró hatása nélkül lehetne keresni a Földre veszélyes aszteroidákat, illetve vizsgálni a távoli galaxisokat.

Lévén a Hubble űrtávcső a Nemzetközi Űrállomásnál kicsit magasabban, de még mindig alacsony Föld körüli pályán kering, így a könnyű hozzáférhetőségének köszönhetően az űrtávcső már a gravitációs gyűrű építése során rögzíthető lenne annak szerkezetére, egy a Canadarm-hoz hasonló szinte minden irányban elforgatható mechanikus karon keresztül. A gravitációs gyűrűhöz rögzített Hubble űrtávcsőnek a mechanikus karral való pozicionálási lehetősége egyben azt is lehetővé tenné, hogy az űrtávcsövet immár hajtóanyag fogyasztása nélkül lehessen gyorsan és rendkívül pontosan beállítani a megfigyelni kívánt szektorokra.

A gravitációs gyűrűnek a Mars körüli pályára állásával pedig, nagyteljesítményű sztereo radarberendezéseket is használva, a Hubble űrtávcsővel elkészíthető lenne egy a teljes bolygó felszínét bemutató centiméter pontosságú térhatású térkép, megkönnyítve a jelenlegi és a későbbi Mars felszíni küldetések tervezését.



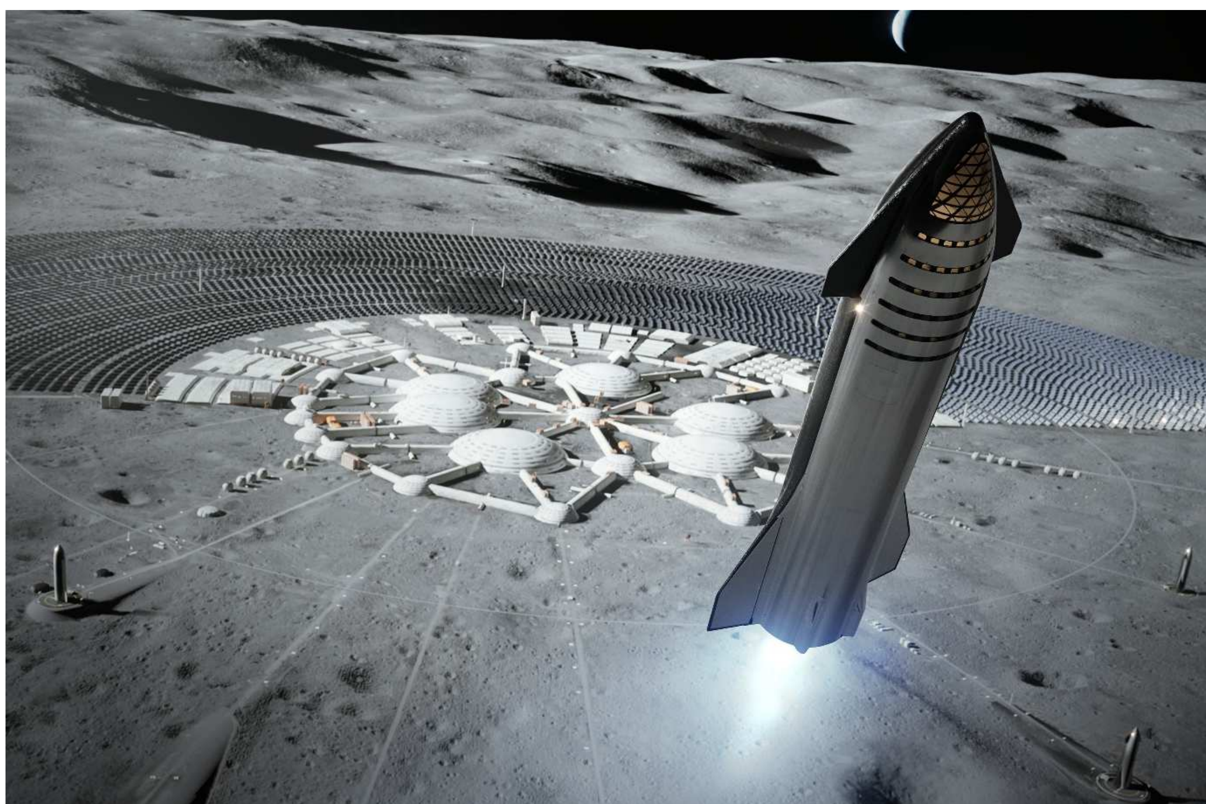
73. Asztronauták a Hubble űrtávcső szervizküldetése során (Művészi koncepció) (Kredit: Paul Hudson)

3. Fejezet: Leszállóegységek

A Mars felszínén való landoláshoz, a Mars-bázis kiépítéséhez és a tudományos feladatok elvégzéséhez, illetve a Marsról való felszálláshoz számtalan különböző leszállóegységre van szükség, azonban ahhoz, hogy ezek kifejlesztése ne tartson évtizedekig, a leszállóegységeknek azonos alapokra kell épülniük, ugyanúgy, ahogy például az autógyártásban annak moduláris felépítése révén ugyanazon alvázra több teljesen különböző modell is ráépíthető.

Az azonos alapokon nyugvó leszállóegységek a részegységeik és vezérlésük nagymértékű kompatibilitása miatt biztonságosabbak is, mint ha a feladataik specifikussága alapján külön-külön kerülnének kifejlesztésre, mert az asztronauták számára megkönnyítik a hibakeresést és a javítást mind a mélyűrben, mind a Mars felszínén.

A SpaceX Starship szupernehéz rakétarendszere a teljes újrafelhasználhatóságának, rendkívüli teherbírásának, és alacsonyra tervezett kilövési költségeinek köszönhetően hatalmas lehetőségeket tartogat az emberes űrkutatásban, azonban ennek ellenére az annak második fokozataként szolgáló Starship űrhajó a Főnix-programban nem kerülne felhasználásra, mert annak marsi változata nem lenne elég biztonságos.



74. SpaceX Starship űrhajó (Művészi koncepció) (Kredit: SpaceX)

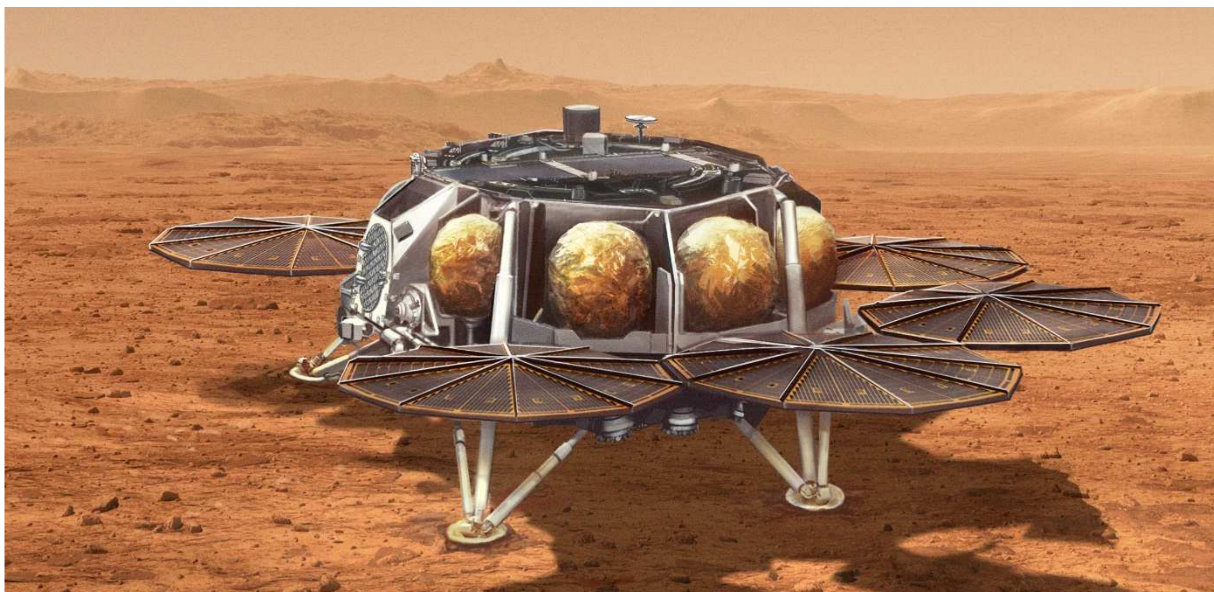
A kockázatot a Columbia űrrepülőgép katasztrófájából jól ismert hővédő csempék jelentik, és bár ez a kockázat a holdi illetve a hétköznapi Föld körüli küldetéseknél elfogadható, egy rendkívüli anyagi erőforrásokat felemésztő akár kétéves időtartamú marsi küldetésnél már nem, így a Főnix-program leszállóegységei az egyszerűbb és biztonságosabb űrkapszulás kialakításúak lennének.



75. Bázis a Marson (Művészi koncepció) (Kredit: John J. Olson)

A Főnix-programban öt leszállóegység kategória kerülne kifejlesztésre, a Mars-bázis környezetének bejárásához használható felderítő jármű, az asztronautákat a Mars felszínére lejuttató és onnan visszahozó Mars-komp, a Mars-bázis energiaellátását és az asztronauták oxigénellátást biztosító nukleáris ellátómodul, a folyékony hidrogén és folyékony oxigén rakéta-hajtóanyag utánpótlást biztosító és a Mars-komp felszállását lehetővé tevő hajtóanyag-komp, illetve a Mars-bázis életterének kiépítéséhez szükséges különböző feladatokra optimalizált, de azonos szerkezeti felépítésű bázismodulok.

A leszállóegységek a SpaceX Falcon Heavy hordozórakétákkal kerülnének alacsony Föld körüli pályára állításra, ahol a gravitációs gyűrű optimális súlyelosztása alapján annak külső peremére lennének csatlakoztathatók. Mivel a marsi küldetéshez szükséges teljes LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag mennyiséget a Főnix-program újrafelhasználható hajtóanyag-szállító űrrepülőgépei hordanák fel a gravitációs gyűrűhöz, így a marsi leszállóegységeknek a fellövésükkor elég lenne csak minimális mennyiségű rakéta-hajtóanyaggal rendelkezniük, épp csak annyival, amennyi az alacsony Föld körüli pályán való manőverezéshez és a gravitációs gyűrű megközelítéséhez szükséges.



76. Mars Sample Retrieval Lander (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

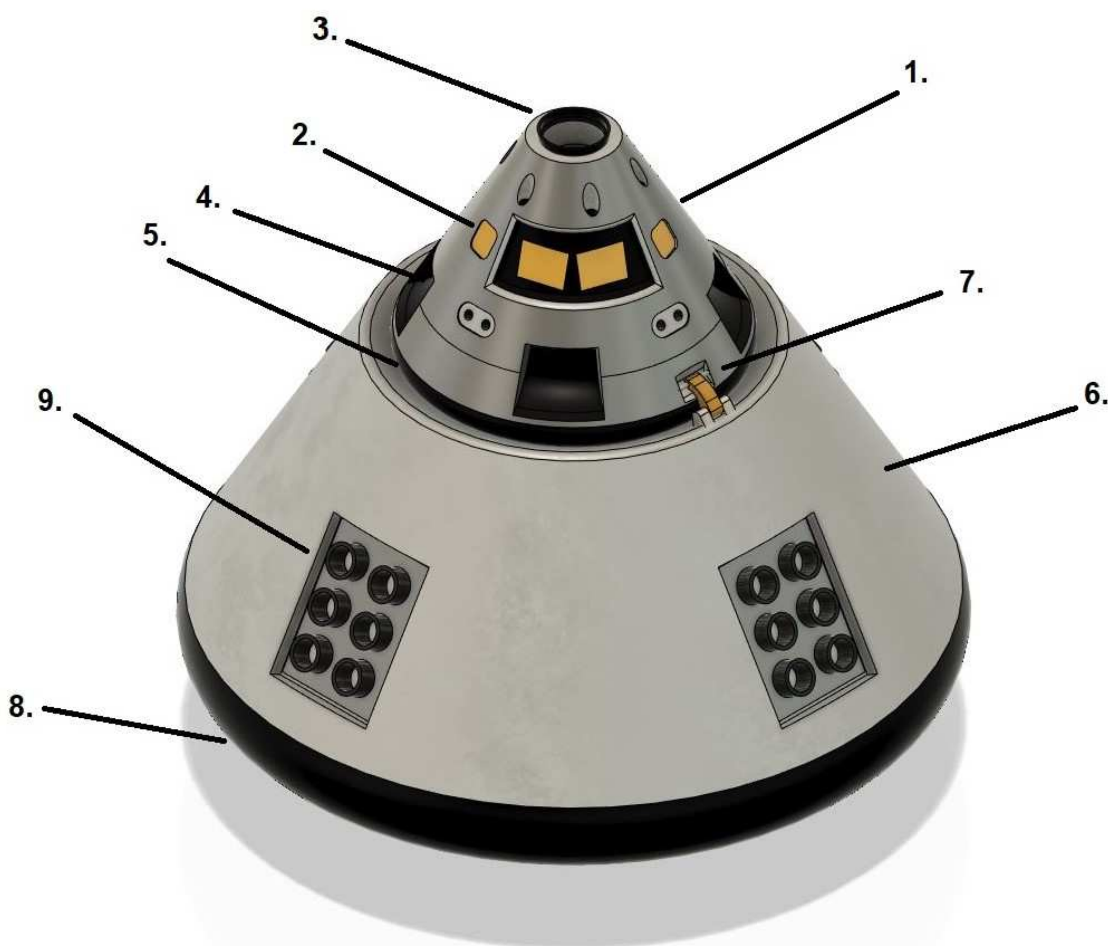
Azáltal pedig, hogy a SpaceX Falcon Heavy hordozórakéta több mint 60 tonnányi hasznos terhet tud alacsony Föld körüli pályára juttatni, és hogy a leszállóegységek szinte üres rakéta-hajtóanyag tartályokkal indíthatók az űr felé, a marsi leszállóegységek tervezésekor lehetőség van arra, hogy a hagyományos öt méter körüli átmérő helyett annak akár több mint a duplájával rendelkezzenek, ami kulcsfontosságú mind a vékony marsi légkörben való hatékonyabb aerodinamikai fékezéshez, mind a Mars felszínére lejuttatható hasznos teher mennyiségének a tekintetében.

Mindegyik kategóriájú marsi leszállóegység folyékony hidrogén és folyékony oxigén rakéta-hajtóanyagot használna mind a fő, mind a manőverező rakétahajtóműveiben. A rendelkezésre álló nagymennyiségű hidrogénnek és oxigénnek köszönhetően pedig a leszállóegységek saját elsődleges energiaellátása is gáz halmazállapotú hidrogént és oxigént felhasználó üzemanyagcellás lehet, ami melléktermékként a szintén kulcsfontosságú erőforrásnak számító vizet termeli.

A Főnix-program minden leszállóegysége, illetve a különböző vészhelyzeti eshetőségekre való felkészülés érdekében a műszaki kiszolgáló űrhajó is, rendelkezne két darab erőforrás-elosztó csatlakozóval a külső burkolatán. Ezek az univerzális szerepű csatlakozók tennék lehetővé, hogy rugalmas többcélú töltőkábelek segítségével a Mars felszínére landolt leszállóegységek összeköthetők legyenek egymással a rendelkezésükre álló erőforrások megosztására vagy átcsoportosítására.

A rugalmas töltőkábelek használatával az erőforrás-elosztó csatlakozókon keresztül megteremthető lenne a leszállóegységek közötti energia- és adatkapcsolat, a vízkészletek megosztása, illetve a hidrogénnek és az oxigénnek mind a gáz, mind a cseppfolyós halmazállapotban történő át- vagy visszaszivattyúzása is.

3.1 A Mars-komp felépítése és működése



77. Mars-komp (egyszerűsített és nem méretarányos ábra) (Grafika és hozzáadott ötletek: Gadár Roland)

1. Személyzeti modul. A Mars-komp két fő részegységből állna, amikből a felső elem az Orion MPCV személyzeti moduljának az áttervezett változata lenne.

2. Ablakok. Az Orion MPCV-n alapuló Mars-kompnak a személyzeti modulja a jelentős áttervezése ellenére továbbra is egy teljes értékű űrhajó lenne, ami vészhelyzetben az eredeti feladatától akár teljesen eltérő szerepkörben is használható lenne.

3. Dokkolóegység. A műszaki kiszolgáló űrhajó dokkolóegységéhez hasonlóan a legénység ki- és beszállásán túl alkalmas lenne a Mars-komp LOX/LH2 rakéta-hajtóanyaggal való feltöltésére is, így a gravitációs gyűrű létfenntartó űrállomásmoduljába bedokkolva az asztronautáknak nem kellene az erőforrás-elosztó csatlakozáson keresztül külön is összekötniük a Mars-kompot a létfenntartó űrállomásmodullal.

4. Rakétahajtóművek. A Mars-komp személyzeti modulja az eredeti Orion MPCV változathoz képest rendelkezne szabályozható teljesítményű és többször is újraindítható LOX/LH2 rakétahajtóművekkel, azonban ezek teljesítménye és a Mars-komp személyzeti moduljában elhelyezésre kerülő rakéta-hajtóanyagnak a mennyisége nem lenne elégséges a személyzeti modul önálló marsi landolásához. A Mars-komp személyzeti moduljának az oldalába négy pár LOX/LH2 rakétahajtómű lenne beépítve.

5. Másodlagos hővédőpajzs. Az áttervezése ellenére a Mars-komp személyzeti modulja továbbra is rendelkezne hővédőpajzzsal, ami az Orion MPCV hővédőpajzsának a marsi légkörre optimalizált változata lenne.

6. Szervizmodul. A Mars-komp másik fő részegysége annak alsó, szervizmodulként szolgáló eleme lenne, ami az Orion MPCV-hez használt ESM szervizmodul lecserélését igényelné, lévén a Mars-komp szervizmodulja képességeiben alapvetően eltérne attól. A hagyományos hengerforma helyett a Mars-komp szervizmodulja a személyzeti modulhoz hasonlóan kúp alakú lenne, aminek a csúcsa maga a személyzeti modul lenne. A szervizmodul a Mars felszínén való landolásra alkalmas teljesítményű LOX/LH2 rakétahajtóművekkel és az azok táplálására elegendő kapacitású folyékony hidrogén és folyékony oxigén tartályokkal rendelkezne. A szervizmodul a NASA ATHLETE robotlábaival is rendelkezne, amik a szerkezetükben és teherbírásukban elég erősek lennének ahhoz, hogy a földihez képest csak harmadakkora gravitációjú Mars felszínén való haladáson túl egyben leszállótalpakként is hasznosíthatók legyenek. Az eredeti ESM szervizmodullal ellentétben a Mars-komp szervizmodulja nem rendelkezne napelemtáblákkal, ehelyett a hidrogénnel és oxigénnel működő elsődleges üzemanyagcellás energiatermelését kiegészítendő a szervizmodul egy radioizotópos termoelektromos generátorral (RTG) is rendelkezne. Bár egy RTG energiatermelése legfeljebb csak néhány száz watt lehet, és a használata jelentős kockázatot is jelent az asztronautákra, de egyben ez az egyetlen energia- és hőforrás, amire az asztronauták bármilyen körülmények között is biztosan számíthatnak. Ez pedig a Mars száraz és hideg felszínén kulcsfontosságú tényezője lehet a túlélésnek, például egy olyan vészhelyzetben, amikor a légkörbe való belépés szögének vagy a kijelölt landolási körzetnek az elhibázása miatt a többi leszállóegységtől akár több száz kilométerre érkezhetnek csak meg a Mars-komppal az asztronauták.

7. Rögzítőfülek. A Mars-komp személyzeti modulja és szervizmodulja az eredeti Orion MPCV-hez hasonlóan lenne egymáshoz csatlakoztatva, azonban a Mars-komp esetében a rögzítőfülek sokkal nagyobb terhelésre lennének tervezve, lévén ki kell bírniuk a Mars felszínére való landolás és az onnan való felszállás során keletkező erőhatásokat is.

8. Elsődleges hővédőpajzs. A személyzeti moduljához hasonlóan a Mars-komp szervizmodulja is rendelkezne egy a Mars légkörére optimalizált saját hővédőpajzzsal, ami a Mars-komp kúp alakjából kifolyólag a személyzeti modul hővédőpajzsához képest többszörös átmérőjű lenne. Ez az elsődleges hővédőpajzs ledobható lenne annak érdekében, hogy az alatta elhelyezkedő és a Mars-komp landolásához szükséges nagyteljesítményű LOX/LH2 rakétahajtóművek illetve ATHLETE robotlábak használhatók lehessenek.

9. Rögzítő csomópontok a hajtóanyag-kompok számára. Bár a Mars-komp szervizmoduljában tárolt folyékony hidrogénnek és folyékony oxigénnek a mennyisége elegendő lenne a Mars-komp számára a Mars felszínén való biztonságos landoláshoz, azonban a Mars felszínéről a Mars körüli pályáig való újbóli felemelkedéshez már nem. Ezért a Marsról való felszállás előtt a Mars-komp szervizmodulján lévő megerősített szerkezetű rögzítő csomópontokra hajtóanyag-kompok kerülnének rácsatlakoztatásra, amik a saját LOX/LH2 rakétahajtóműveikkel és kriogén rakéta-hajtóanyag tartályaikkal afféle gyorsítórakétákként segítenék a Mars-kompot a Mars körüli pálya elérésében. A Mars-komp szervizmoduljának külső burkolatán 90 fokonként lennének a rögzítő csomópontok a hajtóanyag-kompok számára. A méreteik, a fő LOX/LH2 rakétahajtóművei teljesítményei, és a rakéta-hajtóanyag kapacitásaik tekintetében a Mars-komp és a hozzá csatlakoztatható hajtóanyag-kompok úgy kerülnének megtervezésre, hogy a Mars felszínéről való felszállásnál már két teljesen feltöltött hajtóanyag-komp is biztosítani tudja a Mars-komp számára a Mars körüli pályán várakozó gravitációs gyűrűnek az elérését, így a Mars-kompon lévő további két rögzítő csomópontnak elsősorban vészhelyzeti szerepe lenne.



78. Egy teljesen kiépített Mars-bázis (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Az eredeti Orion MPCV-hez hasonlóan az annak áttervezésével születő Mars-komp is négy asztronauta szállítására lenne alkalmas, azonban a Mars felszíni küldetéshez három Mars-kompot vinnének magukkal az asztronauták a gravitációs gyűrűhöz csatlakoztatva, lehetővé téve, hogy a négyfős marsi leszálló csapat a kockázatok csökkentése érdekében két Mars-komppal landolhasson, és még mindig maradjon egy Mars-komp vészhelyzeti tartaléknak a Mars-bázis tervezett helyszíne fölött geostacionárius pályán keringő gravitációs gyűrűhöz csatlakoztatva.



79. Marsautó és asztronauta találkozása (Művészi koncepció) (Kredit: Pat Rawlings)

A két Mars-komp külön-külön való landolása és a mindössze kétfős legénységeknek a használata azonban nemcsak amiatt lényeges, hogy a Mars felszíni küldetés az egyik Mars-komp esetleges landolás soráni végzetes balesete esetén is folytatható legyen a két túlélő asztronautával, hanem mert a Mars-komp személyzeti moduljába beépítésre kerülő LOX/LH2 rakétahajtóművek és a hozzájuk tartozó kriogén rakéta-hajtóanyag tartályok jelentős helyigényűek, amit csak az asztronauták számára szolgáló belső élettérnek a minimalizálásával lehet biztosítani.



80. All-Terrain Hex-Limbed Extra-Terrestrial Explorer (ATHLETE) roverek személyzeti modul makettekkel (Kredit: NASA)

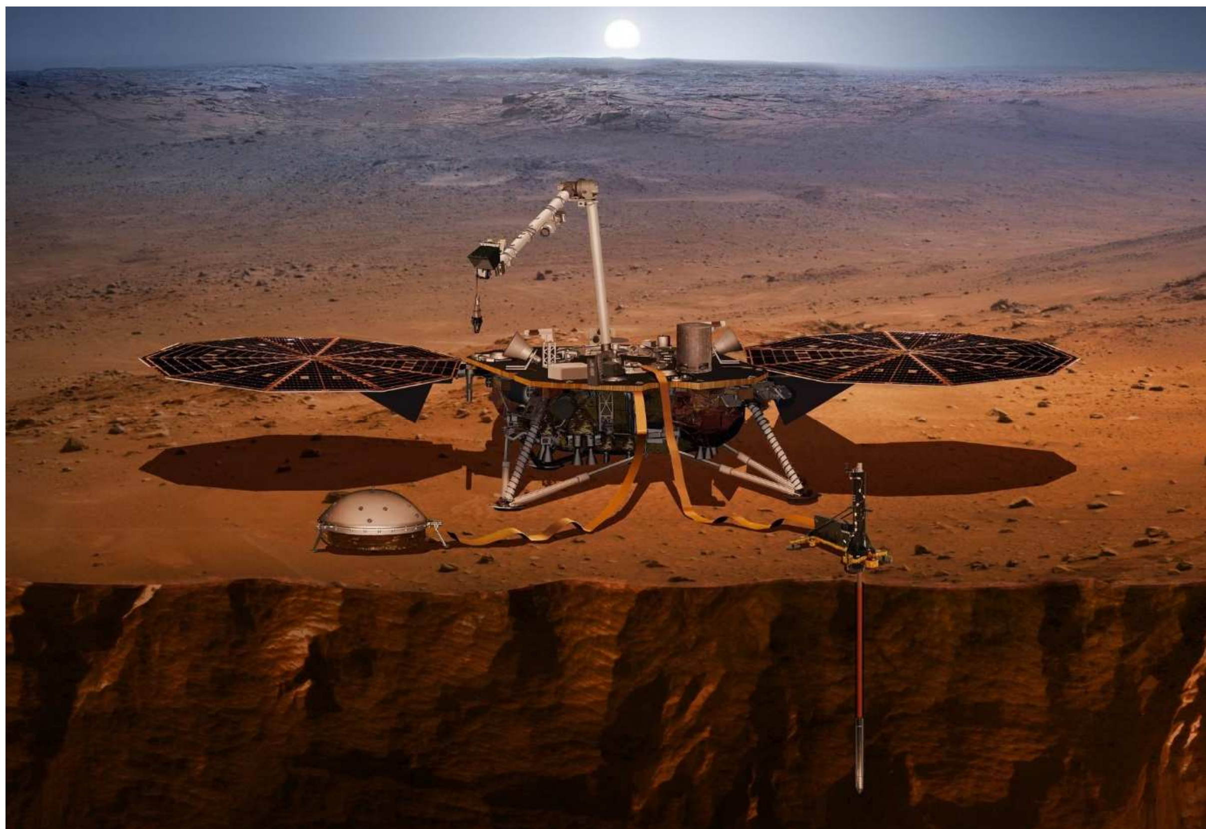
A Marson való landolást a geostacionárius pályán keringő gravitációs gyűrűről lecsatlakozott Mars-komp a légkörbe való belesüllyedéssel és az elsődleges hővédőpajzsával való aerodinamikai fékezéssel kezdené, majd a személyzeti moduljának a tetejéből a Mars-komp szuperszonikus ejtőernyőket nyitna ki a további fékezéshez. Miután a Mars-komp sebessége eddigre már lecsökkenne annyira, hogy a szervizmoduljának a hővédőpajzsára már ne legyen szükség, a Mars-komp ledobná a szervizmodul alján lévő elsődleges hővédőpajzsot. A Mars felszínéhez közeledve a szuperszonikus ejtőernyők is leoldásra kerülnének a Mars-komp személyzeti moduljáról, majd pedig a szervizmodul fő LOX/LH2 rakétahajtóműveit begyújtva a Mars-komp rakétahajtóműves fékezéssel a közben kitárt ATHLETE robotlábain landolna a Mars felszínén.

3.2 Vészhelyzetek a Mars-komp landolása során

Annak köszönhetően, hogy a Mars-komp két különálló részegységből, a személyzeti modulból és a szervizmodulból állna össze, a SpaceX Starship űrhajóhoz vagy a Lockheed Martin Mars Landerhez hasonló hagyományos kialakítású űrhajókhoz képest több lehetőség lenne a vészhelyzetekben való cselekvésre. A Mars-komp rakétahajtóműveinek és más alrendszereinek a képességei, illetve a folyékony hidrogén és folyékony oxigén rakéta-hajtóanyag tartályainak a kapacitásai is eleve úgy

kerülnének megtervezésre, hogy a példaként felhozott vészhelyzetek kezelésére alkalmasak legyenek.

Amennyiben a légkörbe való belépés során a Mars-komp elsődleges hővédőpajzsa tökéletesen működne, de a szuperszonikus ejtőernyők nem, vagy rosszul nyílnának ki, a Mars-komp személyzeti modulja a saját oldalsó LOX/LH2 rakétahajtóműveit begyújtva fékezné a teljes Mars-kompot egészen addig, amíg a Mars-komp sebessége le nem csökkenne annyira, hogy az elsődleges hővédőpajzsra már légáramlás-terelő elemként se legyen szükség, és ledobva azt lehetővé váljon a szervizmodul fő rakétahajtóműveinek a beindítása.



81. InSight űrszonda (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Amennyiben a légkörbe való belépés során például egy mikrometeorit okozta sérülés miatt a Mars-komp elsődleges hővédőpajzsa nem lenne képes a légköri súrlódásból keletkező hőt megfelelően elvezetni, akkor amint a szenzorokkal folyamatosan monitorozott hőmérsékletértékek túllépnének egy még biztonságosnak tekinthető szintet, a Mars-komp személyzeti modulja a saját oldalsó LOX/LH2 rakétahajtóműveit egy pillanatra begyújtva és a rögzítőfüleket kioldva vészhelyzeti leválást végezne a szervizmodulról. Ezután a további aerodinamikai fékezést a személyzeti modul már a saját hővédőpajzsával végezné.

A megfelelő sebességre való lassulást követően az immár önállóan repülő személyzeti modulból kinyitásra kerülnének a szuperszonikus ejtőernyők, amiket viszont ebben a vészhelyzeti szituációban a személyzeti modul a Mars felszínéhez közeledve sem oldana le, az utolsó pillanatig kihasználva a szuperszonikus ejtőernyők által adható lassítás mértékét. A felszín közvetlen közelébe érve a személyzeti modul a teljes saját LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag készletét felhasználva egy néhány másodperces rakétahajtóműves fékezéssel csökkentené a becsapódásának az erejét.



82. Lockheed Martin Mars Lander (Művészi koncepció) (Kredit: Lockheed Martin)

Mivel a Mars-komp személyzeti modulja nem rendelkezne leszállótalpakkal, ezért az asztronauták ülései kifejezetten a rendkívül nagy terheléssel járó, inkább becsapódásnak tekinthető landolások erőhatásainak a csökkentésére lennének kifejlesztve, hogy az asztronautáknak ilyen esetben is legyen esélye a túlélésre. A Mars-komp használatához az asztronauták a SpaceX Starman űrruhát hordanák, így a személyzeti modul burkolatsérülése akkor sem lenne automatikusan végzetes az asztronauták számára, ha annak sérülése a belső nyomás alatt lévő életterét is érintené.



83. Mars felszíni küldetés (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Amennyiben a légkörbe való belépés során a Mars-kompnak az elsődleges hővédőpajzzsal való aerodinamikai fékezése és a szuperszonikus ejtőernyőkkel való további lassítása rendben megtörténne, de a szervizmodul hővédőpajzsának a ledobása sikertelen lenne, lehetetlenné téve a szervizmodul fő rakétahajtóműveinek a használatát, a Mars-komp a személyzeti modul saját oldalsó LOX/LH2 rakétahajtóműveit begyújtva lassítana oly módon, hogy ehhez a személyzeti modul nem a saját folyékony hidrogén és folyékony oxigén rakéta-hajtóanyag készletét használná fel, hanem a szervizmodulét a köztük lévő csatlakozáson keresztül.

Mivel a Mars-komp elsődleges hővédőpajzsának a leoldása nélkül annak ATHLETE robotlábai sem tudnának a landolási pozíciójukba beállni, ezért ahogy a szervizmodul teljes rakéta-hajtóanyag készlete elfogyott, a személyzeti modul a rögzítőfüleket kioldva vészhelyzeti leválást végezne a szervizmodulról, és immár önállóan, a saját oldalsó rakétahajtóműveivel a saját rakéta-hajtóanyag készletét felhasználva landolna a Mars felszínén.

Leszállótalpak hiányában ez a minimális sebességű landolás is súlyos károkat okozhat az asztronautákat szállító személyzeti modulban, de mivel az a legerősebb szerkezeti elemére, a hővédőpajzsára érkezne egy remélhetőleg teljesen sík és a nagyobb kövektől is mentes Mars felszíni területre, így az asztronautákat érő sérülések kockázata még egy ilyen vészhelyzeti szituációban is alacsony maradhat.

3.3 A hajtóanyag-komp felépítése és működése



84. Hajtóanyag-komp (egyszerűsített és nem méretarányos ábra) (Grafika és hozzáadott ötletek: Gadár Roland)

1. Hajtóanyag-komp. A többi leszállóegységhez hasonlóan folyékony hidrogént és folyékony oxigént használna rakéta-hajtóanyagként, és mivel kifejezetten a LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagnak a szállítására lenne tervezve, így a többi leszállóegységgel ellentétben a Mars felszínén való landoláshoz legfeljebb csak a harmadát kellene felhasználnia a kriogén tartályaiban tárolt rakéta-hajtóanyagnak. A Mars-komphoz igazodó fordított kúp alakjából kifolyólag a hajtóanyag-kompnak mind a folyékony hidrogén tartálya, mind az az alatt elhelyezkedő folyékony oxigén tartálya gömb alakú lehet.

2. Hővédőpajzs. A hajtóanyag-komp hővédőpajzsa nem lenne ledobható, ami ugyan jelentős súlytöbbletet jelentene a Mars felszínéről való felszállásnál, de ezáltal a hajtóanyag-komp újrafelhasználható lenne, lehetővé téve, hogy bizonyos vészhelyzetekben a gravitációs gyűrűnél történő ismételt feltöltést követően még egyszer landolhasson a Mars felszínén. Ennek érdekében a Főnix-program többi marsi leszállóegységétől eltérően a hővédőpajzsa nem ablatív típusú lenne, hanem a Space Shuttle Orbiterekhez hasonlóan kerámia csempékből épülne fel.

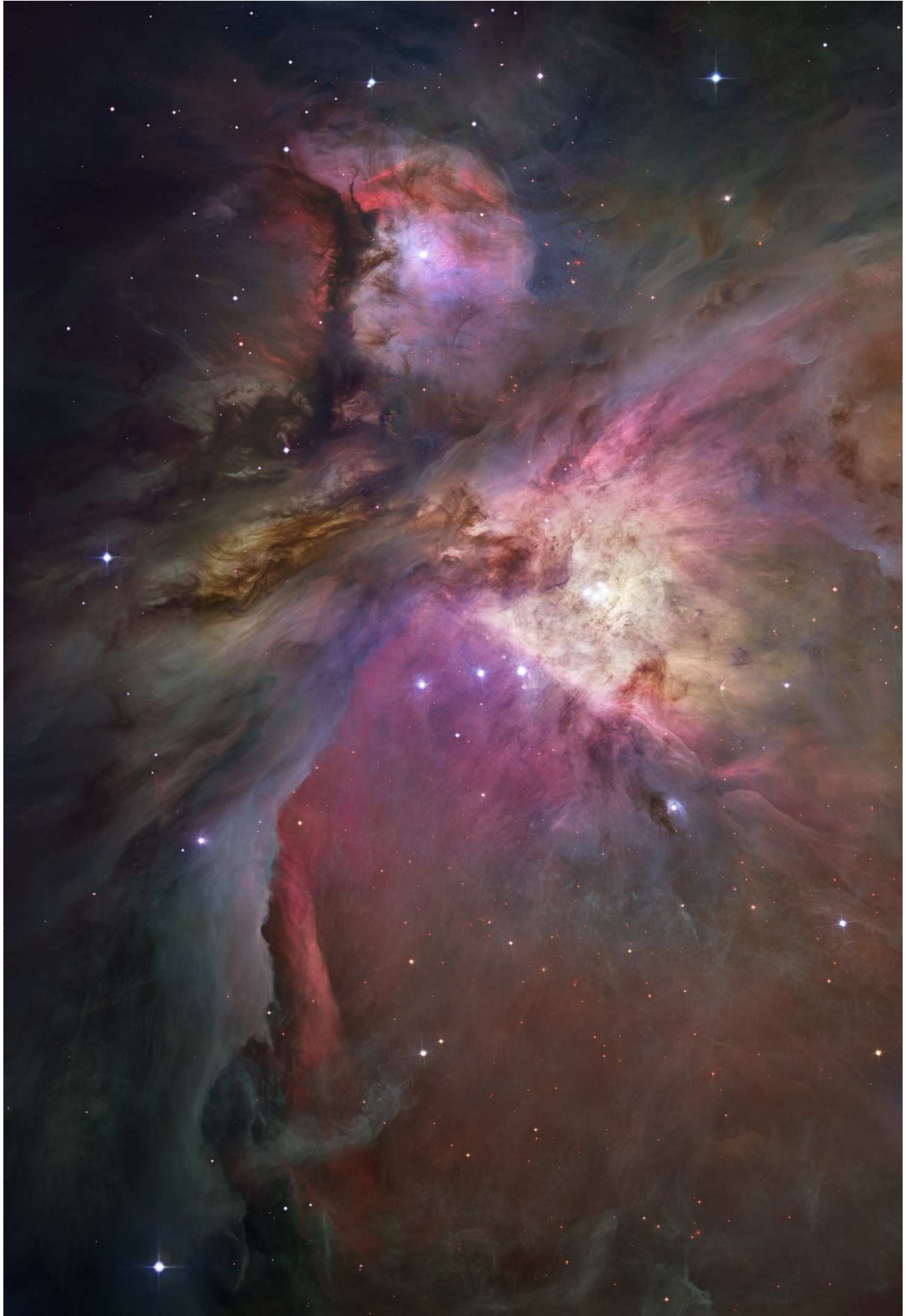
3. Rögzítő csomópontok a Mars-komp számára. Ezeken a rendkívül nagy teherbírású rögzítő csomópontokon keresztül lehetne a hajtóanyag-kompot a Mars-komp szervizmoduljához rögzíteni. Mivel a hajtóanyag-kompokat egymáshoz nem, csak a Mars-komphoz lehetne hozzácsatlakoztatni, így a Mars-komppal ellentétben a hajtóanyag-kompon a rögzítő csomópontokból csak kettő lenne, egy a Mars-komp számára, egy pedig tartaléknak a másik rögzítő csomópont esetleges meghibásodása esetére. A Mars-kompnak és a hajtóanyag-kompoknak a rögzítő csomópontokkal való egymáshoz csatlakoztatása egyben a kompok közötti energia- és adatkapcsolatot is létrehozná, lehetővé téve a Mars-komp fedélzeti számítógépe számára a hajtóanyag-kompok felszállás közbeni közvetlen vezérlését, azonban a LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag megosztására ezek a rögzítő csomópontok már nem lennének alkalmasak. A rakéta-hajtóanyagot a hajtóanyag-kompból csak a minden marsi leszállóegységen megtalálható erőforrás-elosztó csatlakozókon keresztül lehetne át- vagy visszaszivattyúzni, aminek viszont a Mars felszínéről való felszálláskor semmilyen szerepe nem lenne, vagyis a Mars-komp és a hozzácsatlakoztatott hajtóanyag-kompok a Mars körüli pályáig való felemelkedésük során csak a saját kriogén tartályaikból fogyasztanák a LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagot.

4. ATHLETE robotlábak. A hajtóanyag-komp a Mars-komphoz hasonlóan szintén ATHLETE robotlábakat használna leszállótalpakként, azonban a Mars-komphoz képesti fordított kúp alakjából kifolyólag a Mars felszínén landolva a hajtóanyag-kompnak a hővédőpajzsa felül lenne, így a Mars-komppal ellentétben az ATHLETE robotlábait a hajtóanyag-komp az oldalából tudná a landolási pozícióiba széttárni. Az ATHLETE robotlábaknak a Mars-kompon és a hajtóanyag-kompokon is való alkalmazása lehetővé teszi, hogy ezek a leszállóegységek a Mars felszínén önállóan megközelíthessék egymást, majd a rögzítő csomópontjaiknak a precízen egy szintbe állítását követően távirányítással összekapcsolódhassanak.

5. Fő LOX/LH2 rakétahajtóművek. A Mars-komppal ellentétben a hajtóanyag-komp szabályozható teljesítményű és többször is újraindítható fő rakétahajtóművei a hővédőpajzs ledobása nélkül is használhatók lennének. Mivel a hajtóanyag-komp szuperszonikus ejtőernyői annak fő rakétahajtóművei mellől kerülnének kinyitásra a légkörbe való belépés során, ezért a szuperszonikus ejtőernyők leoldását követően a hajtóanyag-komp teljesen átfordulna a fő rakétahajtóműveinek a begyújtásához és a Mars felszínén való rakétahajtóműves fékezéssel történő landoláshoz.



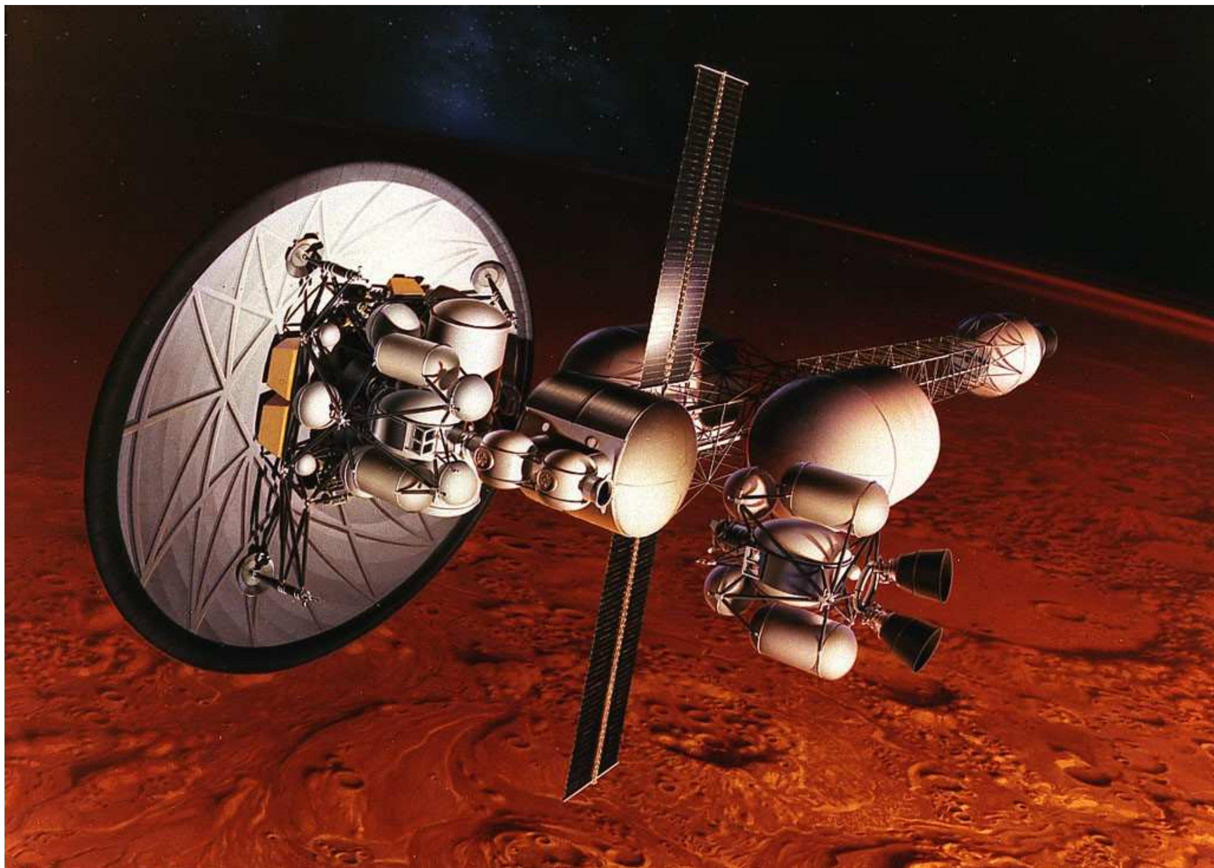
85. Ikercsúcsok a Marson (Kredit: NASA)



86. Orion-köd (Kredit: NASA)

A hajtóanyag-komp rendelkezne egy nagyteljesítményű hűtőberendezéssel, ami a kriogén tartályok megfelelő hőszigetelésével kombinálva képes lenne megakadályozni a LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagnak a párolgását az űr hidegéhez képest sokkal kellemesebb hőmérsékletű marsi felszínen is.

A többi leszállóegységhez hasonlóan a hajtóanyag-komp elsődleges energiaellátása is gáz halmazállapotú hidrogént és oxigént felhasználó üzemanyagcellával történne, biztosítva a landolást követően az elektromotorokból felépülő ATHLETE robotlábainak a működését, illetve a kriogén tartályok hűtőberendezésének a folyamatos üzemeltetésével a Mars felszínére lejuttatott LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagnak a cseppfolyós halmazállapotban való tartását is.



87. Nukleáris termikus rakéta levegő fékező koronggal, ahogy a Mars körül kering (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Ugyan az üzemanyagcellával való energiatermelés rengeteg rakéta-hajtóanyagnak a felhasználásával járhat, azonban a Mars-bázis kiépítésekor a nukleáris ellátómodul átvenné az összes marsi leszállóegység energiaellátásának a szerepét, a hajtóanyag-komp pedig rendelkezne egy rakéta-hajtóanyag visszaforgató berendezéssel is, ami az üzemanyagcellával való energiatermelés során keletkezett vizet tudná elektrolízissel hidrogénre és oxigénre lebontani, hogy a hajtóanyag-komp hűtőberendezésével cseppfolyós halmazállapotig lehűtve azok újra visszatölthetők lehessenek a kriogén rakéta-hajtóanyag tartályokba.

Mivel a Mars-bázis kiépítése során az erőforrás-elosztó csatlakozókon keresztül minden leszállóegység összekapcsolásra kerülne, így a hajtóanyag-kompok a többi leszállóegység üzemanyagcelláinak a működése során keletkezett vízmennyiségből is újra LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagot tudnának készíteni.

A marsi küldetéshez összesen nyolc hajtóanyag-komp kerülne legyártásra és a SpaceX Falcon Heavy hordozórakéták segítségével az alacsony Föld körüli pályán várakozó gravitációs gyűrűhöz való csatlakoztatásra. Mivel ezek a hajtóanyag-kompok képesek lennének az általuk tárolt LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagnak a folyamatos hűtésére, a gravitációs gyűrűhöz csatlakoztatva pedig a hűtőberendezéseik energiaellátása is biztosítható a gravitációs gyűrű iROSA napelemtábláinak köszönhetően, így a hajtóanyag-kompok a Föld és a Mars közötti utat akár teljesen felöltött állapotukban is megtehetik.

Ennek elsősorban olyan vészhelyzetben lenne jelentősége, amikor a gravitációs gyűrű stabilizációs gázelosztó rendszerének a használatát például mikrometeorit becsapódások sokasága lehetetleníti el. Ebben az esetben a küldetés megszakítását követően a hajtóanyag-kompoknak az eredetileg a Mars felszíni küldetésre szánt LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagával biztosítható az asztronautáknak a gravitációs gyűrűvel való biztonságos hazatérése



88. Minták hazaindítása a Marsról (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Egy másik szélsőséges vészhelyzeti szituáció, ha a gravitációs gyűrűt például egy robbanás következtében el kell hagyniuk az asztronautáknak. Ebben az esetben egy Mars-komphoz az oldalán lévő rögzítő csomópontokra négy teljesen feltöltött hajtóanyag-komp kerülne a mélyűrben hozzácsatlakoztatásra, majd a Mars-komp orrán lévő dokkolóegységre rácsatlakoztatásra kerülne a közben a gravitációs gyűrűről szintén leválasztott létfenntartó űrállomásmodul, aminek a másik végén lévő dokkolóegységébe a lakómodul továbbra is hozzácsatlakoztatott maradna. Ezáltal gyorsan

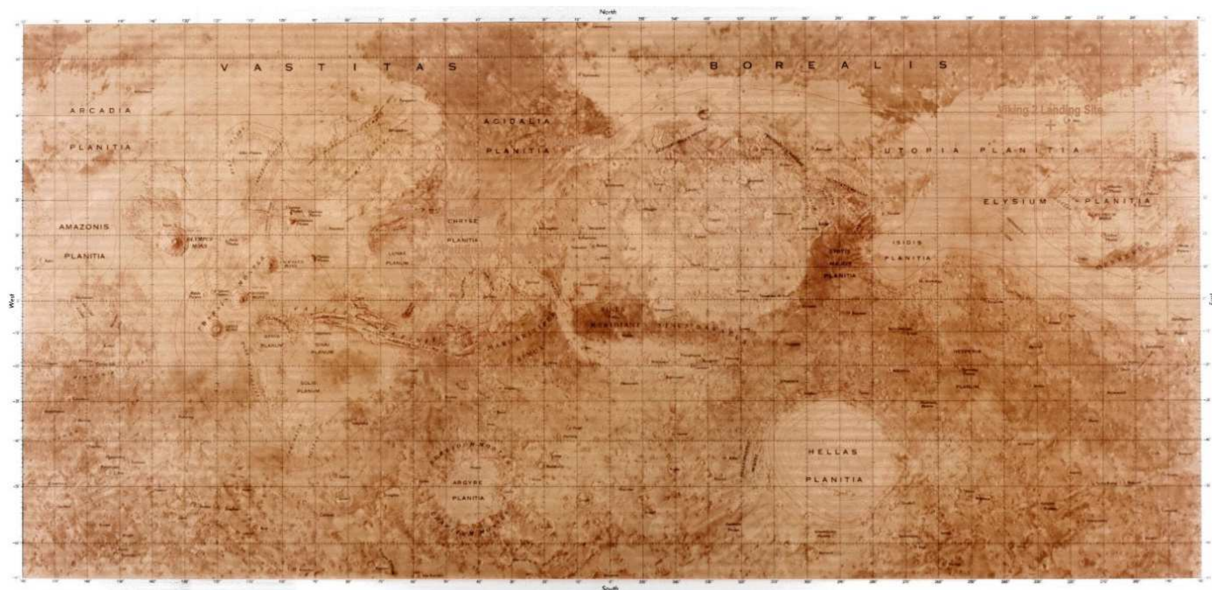
és egyszerűen összeállítható lenne egy olyan mélyűri űrhajó, ami ugyan mesterséges gravitációval nem rendelkezne, de megfelelően alkalmas lenne az asztronautáknak az alacsony Föld körüli pályáig való biztonságos hazahozatalára.

3.4 Nukleáris ellátómodul

Annak köszönhetően, hogy minden marsi leszállóegység ATHLETE robotlábakat használna leszállótalpakként, a leszállóegységek számára a landolási pontokat kizárólag a biztonság, és nem pedig a Mars felszíni küldetés tervezett tudományos feladatai alapján lehetne kijelölni, lévén a leszállóegységek a landolásukat követően is képesek lennének a kutatómunkára kijelölt területhez odagurulni.

Azonban ettől függetlenül az első marsi küldetésnél a leszállóegységek landolására kijelölt leszállási körzet és a Mars-bázis kiépítésének tervezett helyszíne megegyezne még akkor is, ha a terepviszonyok alapján legideálisabbnak kiválasztott leszállási körzet a tudományos szempontokból már kevésbé lenne csábító.

Ezen túl az első Mars felszíni küldetés a Mars egyenlítőjénél valósulna meg, ahol a nappali maximális hőmérséklet még a legbarátságosabb, csökkentve a Mars-bázis állandó fűtéséből fakadó energiaigényt, és ahol a Mars felszínéről való felszálláskor a Mars forgásából fakadó kezdősebességet maximálisan ki lehetne használni.



89. Mars térkép (Kredit: NASA)

Bár a leszállóegységek az ATHLETE robotlábaiknak köszönhetően a Mars-bázis kiépítéséhez szükséges egymáshoz való csatlakoztatásukat követően is képesek lennének a helyváltoztatásra, magát a teljes Mars-bázist mozgatva egy a víz és a marsi élet keresésére ideálisabb helyszín felé, például egy egykori marsi folyómederbe, azonban ez a bármikori mobilizálhatóság egyből odavész, ha napelemtáblákból kell farmot építeniük az asztronautáknak a Mars-bázis folyamatos energiaellátására, ezért a Főnix-program Mars felszíni küldetésében az elsődleges energiaellátást egy nukleáris ellátómodul biztosítaná, a NASA Kilopower fejlesztési projektjének az eredményeit felhasználva.



90. Westerlund 2 csillaghalmaz (Kredit: NASA)

Mivel egy nagymennyiségű radioaktív anyagot tartalmazó nukleáris reaktornak az alacsony Föld körüli pályára való feljuttatása jelentős kockázatot jelent, mert bármilyen végzetes baleset esetén a radioaktív anyag hatalmas területet szennyezhet be, ezért a SpaceX Falcon Heavy hordozórakétával való fellövésekor a nukleáris ellátómodult tartalmazó orrkúphoz egy rövid égési idejű és nagy tolóerejű mentőrakéta is tartozna, ami viszont a hagyományos kilövések menetével ellentétben nem válna le az orrkúppal együtt, hanem végig elkísérné a nukleáris ellátómodult. Ezáltal az NTP hajtóműmodulhoz hasonlóan a Marsig tartó útja során a nukleáris ellátómodul is rendelkezne egy vészhelyzeti kilökőrendszerrel a gravitációs gyűrűtől való gyors eltávolodáshoz. A mentőrakéta csak a Mars körüli pályán, a felszínre való landolás előkészítése során kerülne leválasztásra a nukleáris ellátómodulról.

A hővédőpajzs és a fő LOX/LH2 rakétahajtóművek elhelyezkedésének a tekintetében a nukleáris ellátómodul szerkezeti felépítése megegyezne a hajtóanyag-kompéval, így ahhoz hasonlóan a szuperszonikus ejtőernyők leoldása után teljesen átfordulna a fő rakétahajtóműveinek a begyújtásához és a rakétahajtóműves fékezéssel való landoláshoz.

Az energiatermeléshez üzemanyagként használt urán-235 radioaktív sugárzása miatt a nukleáris ellátómodulban nem lenne az asztronauták számára légzsilip és nyomás alatt lévő élettér, így a legalább 10 kW névleges teljesítményű nukleáris reaktor desztillált vizet keringető titán hősugárzójának a szerepét a nukleáris ellátómodul oldalfalai tudnák ellátni.

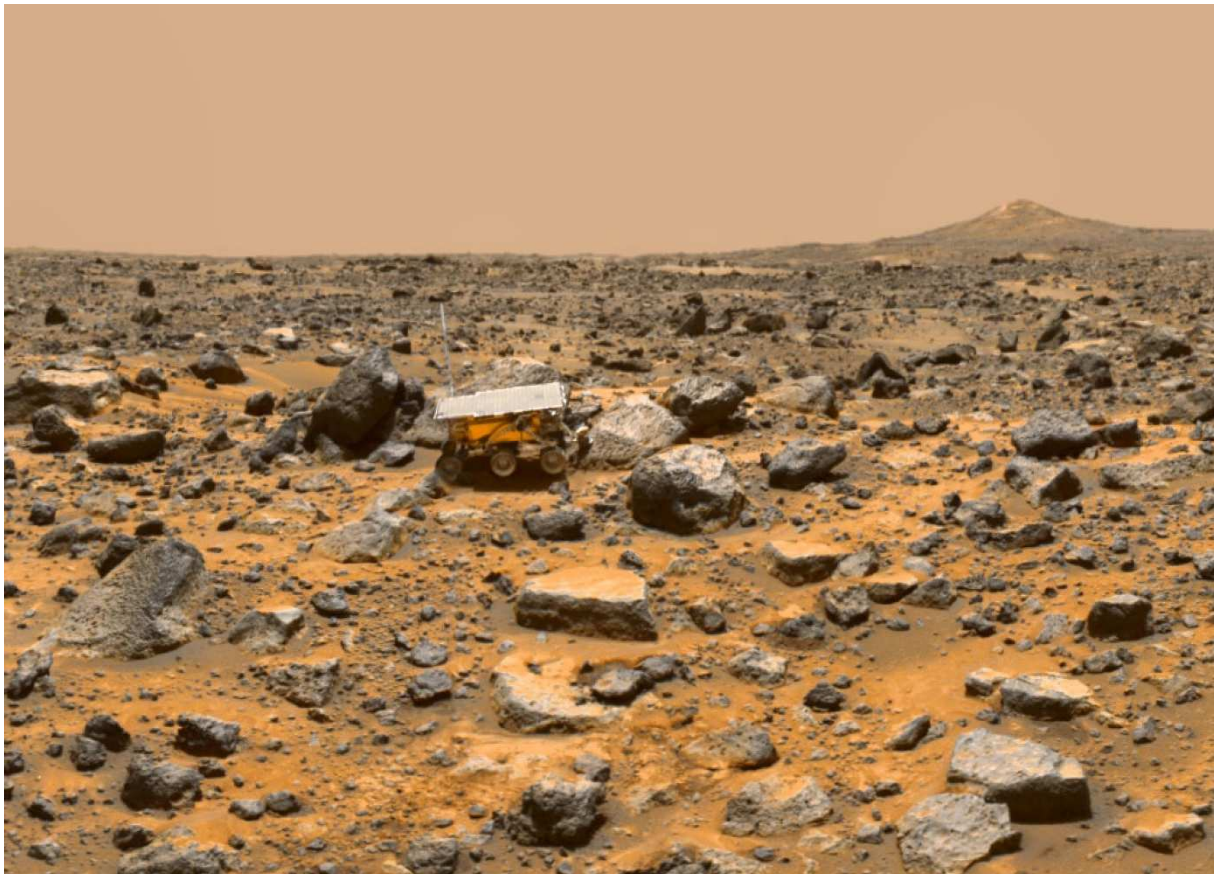
A Mars felszínére történő landolását követően a nukleáris ellátómodul a saját ATHLETE robotlábain odagurulna a Mars-bázis tervezett helyszínére, és mivel a többi marsi leszállóegységhez hasonlóan a nukleáris ellátómodul is rendelkezne erőforrás-elosztó csatlakozókkal, így az ezekhez csatlakoztatható rugalmas többcélú töltőkábelekkel az asztronauták össze tudnák kötni a nukleáris ellátómodult a Mars-bázis kiépítésének a helyszínére odagyűjtött többi leszállóegységgel.



91. NASA asztronauták a Marson (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Annak érdekében, hogy az asztronautáknak a nukleáris ellátómodulból fakadó sugárzásterhelése a lehetőség szerint csökkenthető legyen, a Mars-bázis leszállóegységekből való összeállításakor a hajtóanyag-kompok a nukleáris ellátómodul és a Mars-bázis életterét adó bázismodulok közé kerülnének elhelyezésre, így a hajtóanyag-kompokban tárolt nagymennyiségű folyékony hidrogén és folyékony oxigén jelentős árnyékoló hatású lehetne.

A hajtóanyag-kompokhoz hasonlóan a nukleáris ellátómodul is rendelkezne egy nagyteljesítményű hűtőrendszerrel, így képes lenne a landolásból megmaradt LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag mennyiségét bármeddig cseppfolyós halmazállapotban tárolni, azonban a Mars-bázis kiépítését követően a nukleáris ellátómodulban, a Mars felderítő járművekben, illetve a bázismodulokban még megmaradt folyékony hidrogénnek és folyékony oxigénnek a teljes mennyisége átszivattyúzásra kerülne a hajtóanyag-kompokba.



92. Pathfinder a Marson (Kredit: NASA)

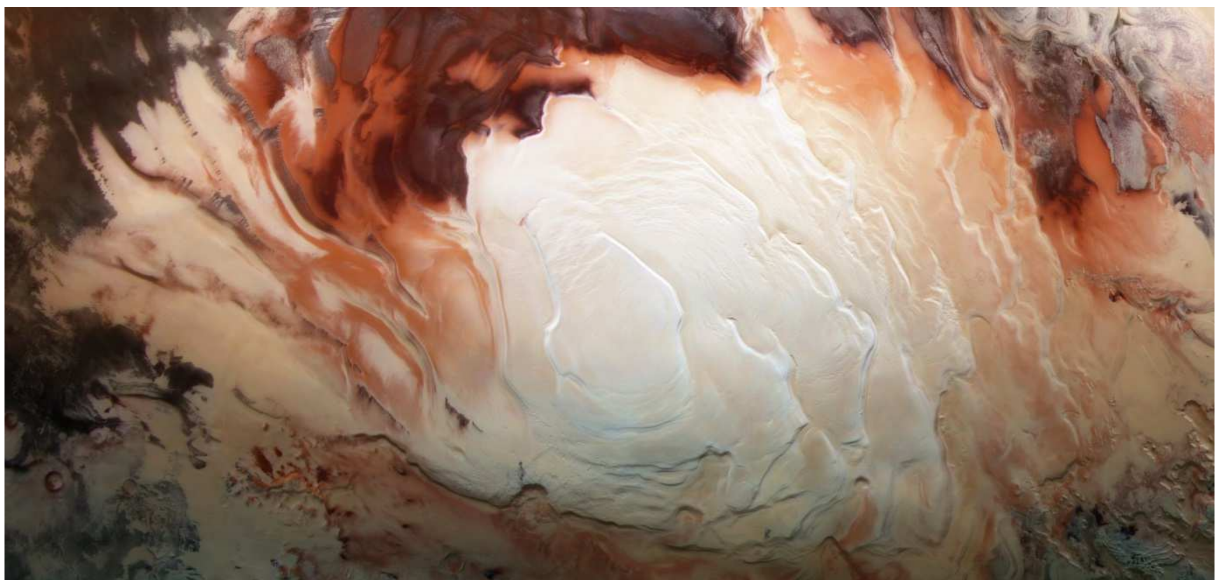
Az immár üressé vált kriogén tartályokkal rendelkező nukleáris ellátómodul innentől a Mars-bázis folyamatos energiaellátásán túl az asztronauták számára a légzéshez szükséges oxigénnek az előállítására is szolgálna, lehetővé téve, hogy a leszállóegységekkel a Mars felszínére lejuttatott folyékony oxigénnek minél nagyobb részét lehessen rakéta-hajtóanyag komponensként felhasználni.

Ehhez a nukleáris ellátómodul rendelkezne egy a NASA MOXIE technológiáján alapuló oxigén előállító berendezéssel, ami a marsi légkör szén-dioxidjából termelné az oxigént és a szén-monoxidot. Ennek során a fölösleges szén-monoxid egyszerűen csak kiengedésre kerülne a Mars légkörébe, az értékes oxigént viszont mind a cseppfolyós, mind a gáz halmazállapotában is eltárolná a nukleáris ellátómodul.

A nukleáris ellátómodul oxigén előállító berendezésének a teljesítménye megegyezne a reaktora által biztosítható hő- és energialeadással, azonban a Mars felszíni küldetés időtartama alatt a nukleáris ellátómodul mindig csak az épp rendelkezésére álló energiafölöslegét használná fel az oxigén előállítására. Mielőtt pedig cseppfolyós halmazállapotában is elkezdené felhalmozni az oxigént az eleve erre szolgáló kriogén tartályában, a nukleáris ellátómodul először az immár üressé vált folyékony hidrogén tartályát töltené fel gáz halmazállapotú oxigénnel, mert az így tárolt oxigéngáz szolgálná az asztronauták és a teljes Mars-bázis azonnal hozzáférhető vészhelyzeti oxigénellátását.

Mivel a nukleáris ellátómodul energia- és oxigéntermelő képessége továbbra is folyamatos lenne a Mars felszíni küldetés végeztével is, és mivel a Mars felszínén landolt nyolc hajtóanyag-kompból normál körülmények között az asztronautáknak csak négyre lenne szüksége a Mars-körüli pályán várakozó gravitációs gyűrűhöz való visszatérésre, ezáltal a nukleáris ellátómodul az asztronauták távozását követően már a következő marsi küldetés előkészítését tudná szolgálni, a folyamatosan termelt oxigént a saját és a hűtőrendszerrel szintén felszerelt hajtóanyag-kompok kriogén tartályaiban cseppfolyós halmazállapotban tárolva.

A teljesen kiépített Mars-bázissal és a Mars felszínén addig is folyamatosan előállított oxigénnel a legkorábban is csak hosszú évek múlva indítható következő marsi küldetésnek így már sokkal kevesebb eszközt és rakéta-hajtóanyagot kell majd a Mars felszínére lejuttatnia.



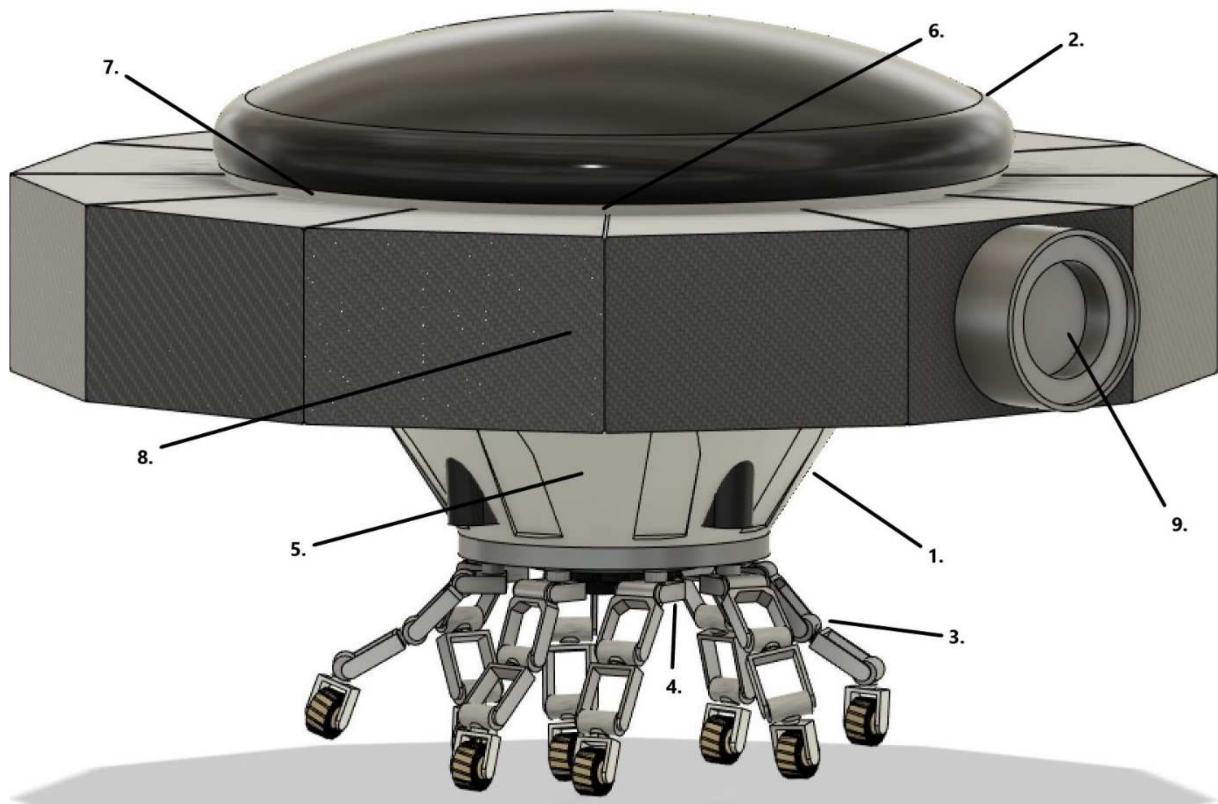
93. A Mars déli pólusa (Kredit: ESA)

Bár ugyanezt az elvet követve a nukleáris ellátómodul önmagában is elindítható lenne a Mars felé, hogy már az első marsi küldetés előtt akár évekkel odaérve elkezdhesse az oxigéntermelést, de ez a nukleáris ellátómodul a folyamatos és biztonságos energiatermelésének köszönhetően a mélyűrben is kulcsszerepet játszana a küldetés kockázatainak a csökkentésében, ami pedig fontosabb, mint az általa előre megtermelhető oxigénnek a mennyisége. Amennyiben több nukleáris ellátómodul gyártására is lenne lehetőség a marsi küldetéshez, akkor is csak egy landolna az asztronautákkal a Mars felszínén, a többi vészhelyzeti tartalékként továbbra is a gravitációs gyűrűhöz csatlakoztatva a Mars felszíni küldetés befejeztével az asztronautákkal együtt visszatérne a Földhöz.



94. Majomfej-köd (Kredit: NASA)

3.5 A bázismodulok felépítése és működése



95. Bázismodul (egyszerűsített és nem méretarányos ábra) (Grafika és hozzáadott ötletek: Gadár Roland)

1. Bázismodul. A Mars felszínén való különböző feladatok kiszolgálására kifejlesztésre kerülő bázismoduloknak a szerkezeti felépítése a hővédőpajzs, az ATHLETE robotlábak, és a fő rakétahajtóművek elhelyezkedésének a tekintetében a hajtóanyag-komphoz és a nukleáris ellátómodulhoz hasonló lenne, így a Mars felszínén való landolásuk is azokkal megegyező módon történne.

2. Hővédőpajzs. Mivel a bázismodulok a nukleáris ellátómodulhoz hasonlóan végleg a Mars felszínén maradnának, ezért ablatív típusú hővédőpajzzsal rendelkeznének, ami viszont nem lenne ledobható annak érdekében, hogy a Mars felszínén való landolásukat követően az immár felül elhelyezkedő hővédőpajzsok plusz sugárzáselnyelő rétegként szolgálhassanak, ami kulcsfontosságú a mágneses tér és a vastag légkör hiányában a Mars felszínét szinte akadálytalanul bombázó kozmikus sugárzásnak a magas intenzitása miatt.

3. ATHLETE robotlábak.

4. Fő LOX/LH2 rakétahajtóművek.

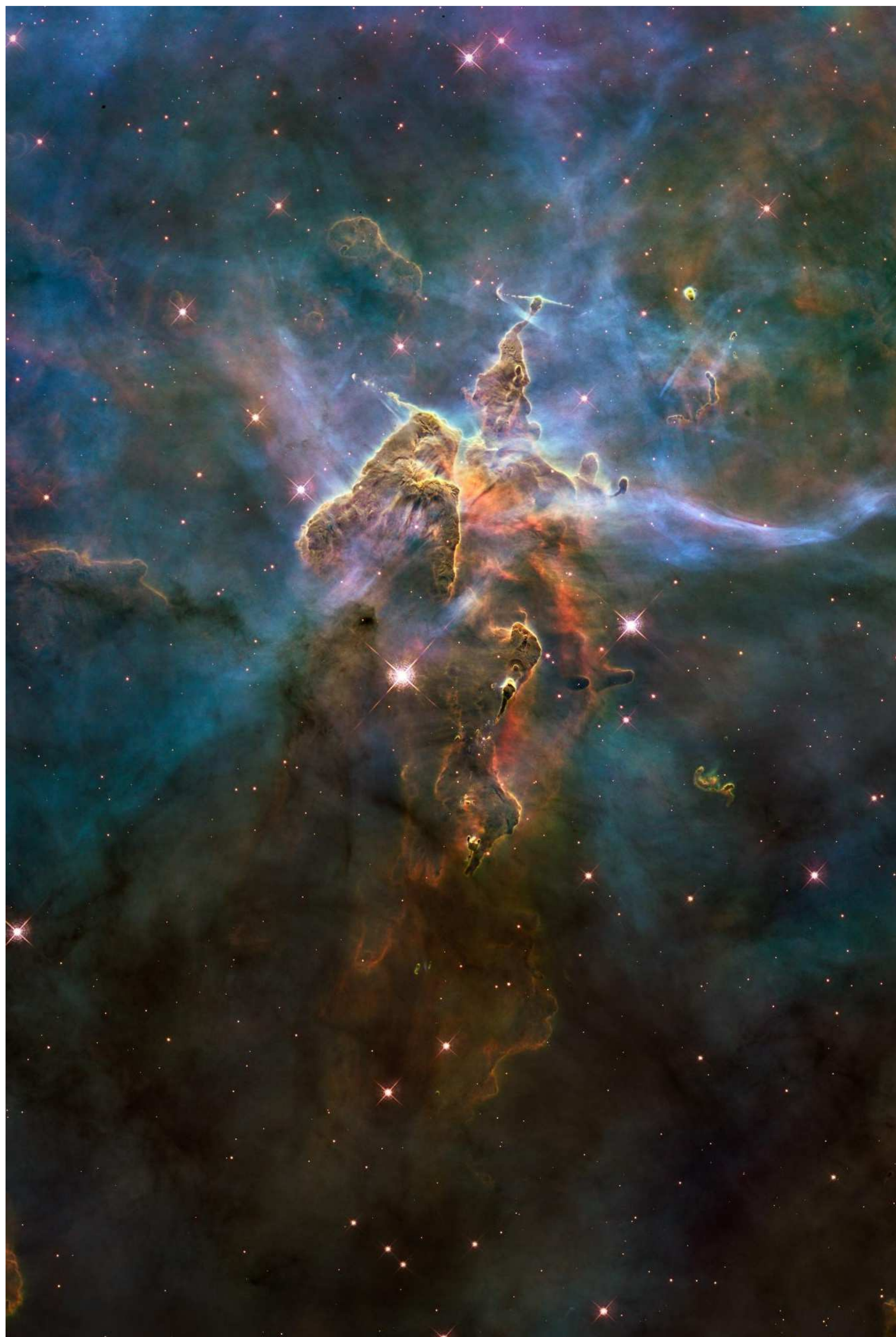
5. Folyékony oxigén tartály. Mivel a bázismoduloknak csak annyi LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagot kell tudniuk tárolniuk a kriogén tartályaikban, amennyit a geostacionárius pályán keringő gravitációs gyűrűtől való eltávolodástól a Mars felszínére való landolásig szinte teljesen fel is használnak, így a bázismodulok kriogén tartályai alakjukban eltérőek, kapacitásaikban pedig sokkal kisebbek lehetnek a hajtóanyag-komp kriogén tartályaihoz képest.

6. Folyékony hidrogén tartály. A hajtóanyag-komp gömb alakú folyékony hidrogén tartályával ellentétben a bázismodulok folyékony hidrogén tartályai henger alakúak lennének, ugyanis a Mars-bázist alkotó leszállóegységek összekapcsolását és a bázismodulokban megmaradt rakéta-hajtóanyagnak a hajtóanyag-kompokba való átszivattyúzását követően ezek a legalább három méter átmérőjű henger alakú üres nyomásálló tartályok szolgálnának az asztronauták elsődleges élettereként. Ennek érdekében mindegyik bázismodul esetében a folyékony hidrogén tartályaiknak a teljes belső felületén egymástól körülbelül tíz centiméterenként kisméretű furatok lennének, amikbe csavaros rögzítőfüleket betekerve az asztronauták berendezhetnék az elsődleges életterüket, a monitoroktól a polcokig ezekre a rögzítőfülekre ráhelyezve a különféle eszközöket és berendezéseket. Ezen eszközök és berendezések működtetéséhez a bázismodulok folyékony hidrogén tartályaiba már gyárilag beépítettek lennének azok a víz-, levegő-, energia-, illetve adatcsatlakozási pontok, amikre az asztronauták hosszabbító kábelekkel bármilyen a kriogén tartályokban elhelyezésre kerülő eszközt vagy berendezést rá tudnának csatlakoztatni. A legnagyobb előnye a folyékony hidrogén tartályoknak a bázismodulok elsődleges élettereinek való átalakíthatóságának, hogy a leszállóegységeknek egy eleve nagyméretű és nyomásálló részegysége kerülne a landolásukat követően továbbra is hasznosításra, aminek vastag alumínium burkolata a jelentős sugárzáselnyelő képességével rengeteget számítana az egészségügyi kockázatok csökkentésében a kozmikus sugárzástól alig védett marsi felszínen.

7. Nyomásálló ajtó. Annak érdekében, hogy az asztronauták be tudjanak lépni a bázismodulok elsődleges élettereiként szolgáló kriogén tartályokba, és ki is tudjanak lépni onnan az azokat körülölelő másodlagos élettérbe, a bázismodulok folyékony hidrogén tartályainak mindkét végén egy-egy nagyméretű és kerek nyomásálló ajtó helyezkedne el.

8. Összecsomagolt felszerelés. Mivel az asztronauták elsődleges élettereinek szánt kriogén tartályokban a bennük tárolt folyékony hidrogén miatt a Mars-bázis kiépítéséig és a kriogén tartályok leszivattyúzásáig nem lehet semmit sem elhelyezni, így a különféle feladatokra specializált bázismoduloknak a teljes felszerelése a kriogén tartályok körül lenne tárolva, gyakorlatilag egy-egy tömbbe összecsomagolva. Ennek hátránya, hogy az asztronautáknak a Mars felszíni küldetés tudományos feladataiba való belekezdésük előtt még heteket kell majd a Mars-bázis belső kialakításával eltölteniük, minden eszközt és berendezést egyenként kicsomagolva és ellenőrizve, hogy a végleges helyükre elhelyezhessék azokat, előnye viszont, hogy a bázismodulokhoz tartozó felszereléseknek a Földről való elindításuk előtti elhelyezése optimális helykihasználtságú és súlyelosztású lehet, a bázismodulokban lévő minden szabad négyzetcentimétert az eszközök, berendezések, illetve különféle tartalékoknak a Marsra való szállítására felhasználva.

9. Felfújható oldalfalak. A henger alakú folyékony hidrogén tartályaikat körülölelő másodlagos élettereiknek a kialakításához a bázismodulok külső burkolatának a rögzítése kioldható lenne, lehetővé téve a felfújását egy a Bigelow Aerospace technológiáján alapuló fánk alakú másodlagos élettereknek. A bázismodulok elsődleges életterét adó kriogén tartályokhoz hasonlóan ezek a másodlagos életterek is nyomás alatt lévő területek lennének, az így elérhetővé váló plusz köbmétereknek köszönhetően pedig az asztronauták már könnyen hozzáférhetnének a bázismodulok szorosan összecsomagolt felszereléséhez, és lenne elég szabad terük azok szétpakolásához és ellenőrzéséhez a végleges helyükre való elhelyezésük előtt.



96. Carina-köd (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

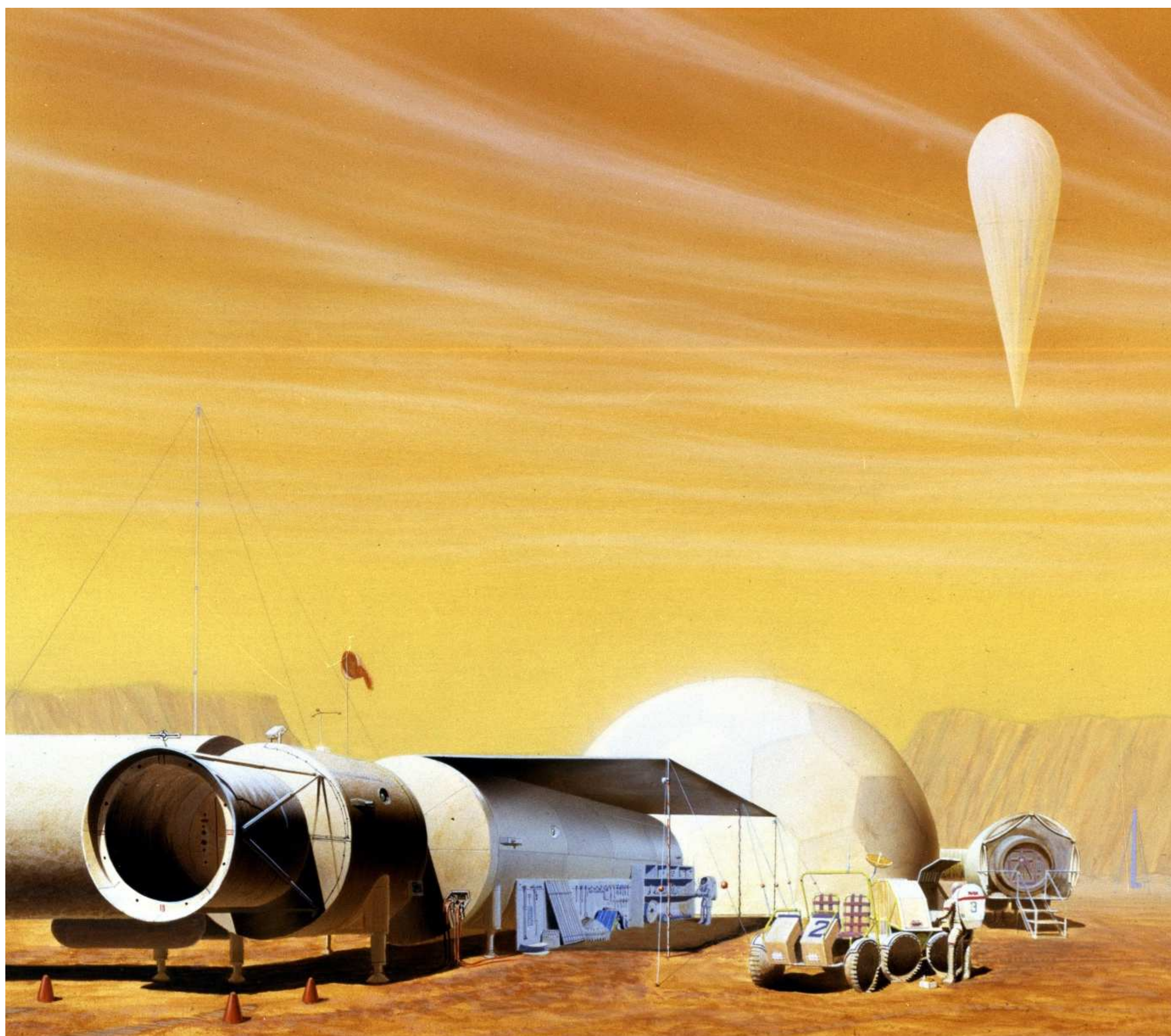
A fánk alakúra felfújható másodlagos életterek külső burkolatába minden bázismodul esetében már eleve beépített lenne két darab légzsilip, amik a másodlagos életterek felfújásával, egymással ellentétes oldalon elhelyezkedve, a legszélső elemeivé válnának a bázismoduloknak. Így a bázismodulokkal egymás mellé gurulva, és az ATHLETE robotlábaikkal a vízszintességüket és az egymáshoz viszonyított magasságukat is precízen beállítva a bázismodulok a légzsilipjeiken keresztül egymáshoz csatlakoztathatók lennének, ezáltal kiépítve a teljesen egybenyitható Mars-bázist.



97. Marsi telep telepesekkel (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Mivel mindegyik bázismodul két légzsilippel rendelkezne, így az asztronauták a Mars-bázis kiépítésekor tetszés szerint variálhatnák a különböző bázismoduloknak az egymáshoz viszonyított elhelyezkedését, és az összes bázismodul egymáshoz való csatlakoztatását követően még mindig maradna szabadon két légzsilip a Mars felszínére való kilépéshez. A Főnix-programban összesen hat megegyező szerkezeti felépítésű, de különböző feladatokra specializált bázismodul kerülne kifejlesztésre, a kommunikációs, a műhely, a rekreációs, a tudományos, az óvóhely, és az aeropónia bázismodulok.

A többi marsi leszállóegységhez hasonlóan a bázismodulok is a SpaceX Falcon Heavy hordozórakétákkal kerülnének indításra az alacsony Föld körüli pályán várakozó gravitációs gyűrűhöz, a Marshoz érve pedig a hat bázismodul csak azután landolna a felszínen, miután már mind a nyolc hajtóanyag-kompnak a landolása sikeres volt. Ez azért lényeges, mert míg a különböző bázismoduloknak elsősorban kényelmi és tudományos szerepük lenne, hogy a Mars-kompokkal landoló asztronauták ne csak egy-két napot tölthessenek a Mars felszínén a közvetlen környezetükben kőzetmintákat gyűjtve, hanem a Mars-bázis erőforrásaira támaszkodva akár egy több hónapos időtartamú komplex felszíni küldetést is végrehajthassanak, addig a hajtóanyag-kompok sikeres landolása nélkül már eleve végrehajthatatlan lenne a Mars felszíni küldetés.

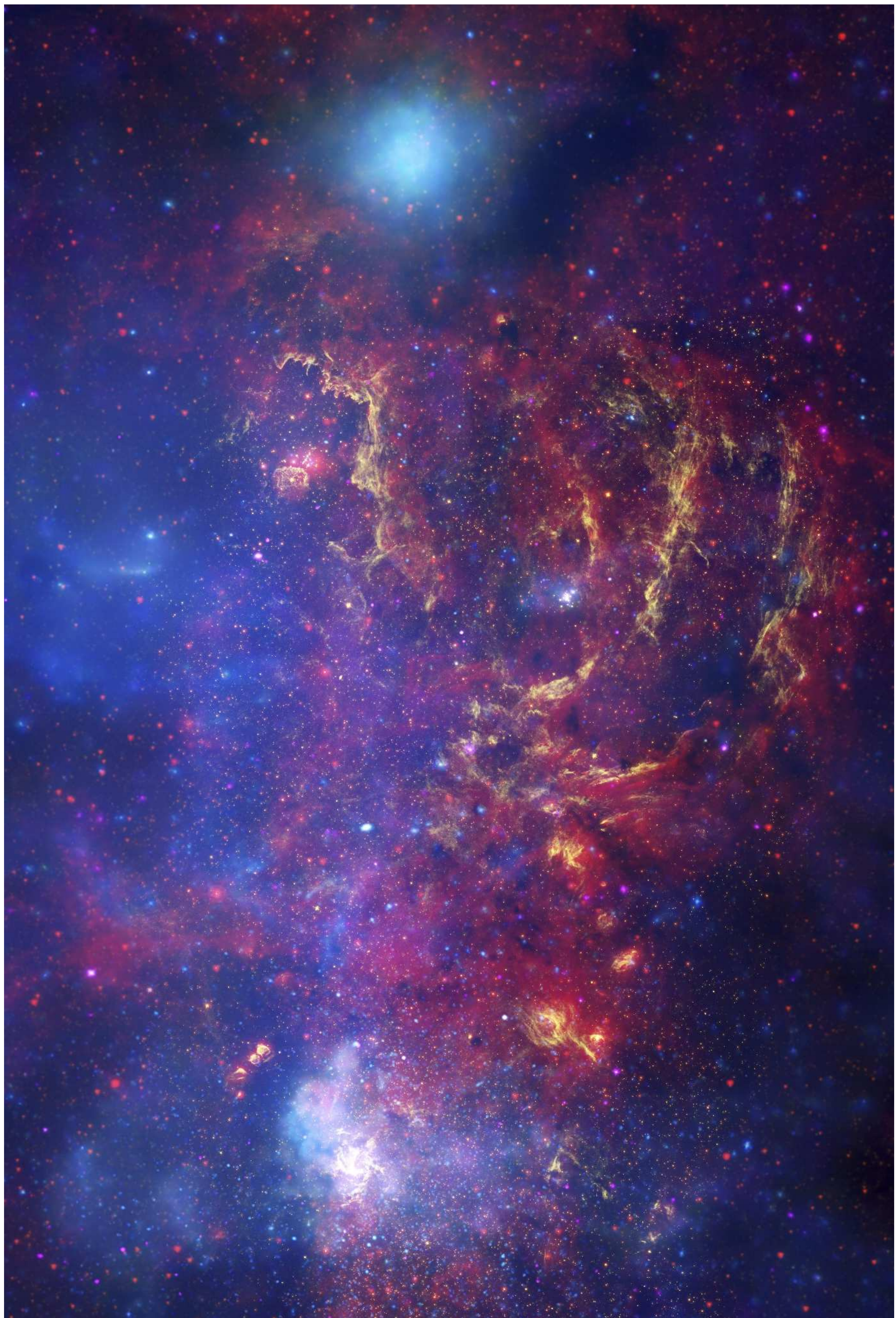


98. Marsi előőrs (Művészi koncepció) (Kredit: Mark Dowman)

Ugyanakkor a Marshoz vitt nyolc hajtóanyag-komp jelentős túlbiztosítást is jelentene a Mars felszíni küldetésben, így amennyiben azok közül valamelyik megsemmisülne vagy akár csak használhatatlanná válna a landolása során, a Mars felszíni küldetés továbbra is teljesen biztonságosan végrehajtható lenne. Még az se jelentené a Mars felszíni küldetés megszakítását, ha a landolásaik során két hajtóanyag-komp veszítődne el, bár a kockázatok csökkentése és a különböző vészhelyzeti protokollok végrehajthatósága érdekében ebben az esetben egyetlen Mars-kompot használva négy helyett már csak két asztronauta landolna a Mars felszínén.

3.6 Mars felderítő jármű

A Főnix-programban nem kerülne felhasználásra a NASA fejlesztés alatt lévő MMSEV alapú Mars rovere, mert az asztronautáknak a Mars felszíni kutatómunkákhoz való szállítását egy a bázismodulokhoz hasonló szerkezeti felépítésű leszállóegység végezné el. A legjelentősebb különbség a Mars felderítő jármű és a bázismodulok között az lenne, hogy a felderítő járműben lévő kiürített folyékony hidrogén tartály nem elsődleges élettérként, hanem porszűrésre szolgáló szélcsatornaként funkcionálna.



99. A Tejútrendszer központi vidéke (Kredit: NASA)

Ugyanis a marsi por az asztronauták számára nagyon súlyos egészségügyi kockázatot jelent, és mivel a szkafanderükön és a különböző eszközeiken keresztül is behurcolhatják azt a Mars-bázis nyomás alatt lévő steril környezetébe, így a Mars-bázisra való belépésük előtt minden esetben tökéletesen portalanítaniuk kell magukat.

Ehhez a felderítő jármű folyékony hidrogén tartályába már gyárilag beépítettek lennének a szélcsatorna légvezetékei, csak azok lezártak lennének egészen addig, amíg a kriogén tartály a benne tárolt maradék folyékony hidrogénnek a hajtóanyag-kompokba való átszivattyúzásával a portalanító funkciójában használhatóvá nem válik. A kriogén tartályból létrehozásra kerülő szélcsatorna visszatérő áramú légvezetékeihez egy nagyteljesítményű légbeszívó tartozna, ami az asztronauták által cserélhető és tisztítható porszűrőkön keresztül áramoltatva tudná folyamatosan portalanítani a kriogén tartályban lévő levegőt.



100. Leszállás a Marson (Művészi koncepció) (Kredit: Les Bossinas)

Mivel az asztronautáknak a pormentesítést még azelőtt kell elvégezniük, hogy levennék a szkafandereiket, így a felderítő jármű szélcsatornája a Mars-bázis belélegezhető levegője helyett alaphelyzetben a marsi légkör szinte teljes egészében szén-dioxidból álló levegőjét hasznosítaná a levegőkeringetésre, leegyszerűsítve és így meggyorsítva az asztronautáknak a Mars felszínéről a szélcsatornába való belépését.

Bár a szélcsatornaként szolgáló kriogén tartályban folyamatosan nagy sebességgel tudna a porszűrők közbeiktatásával körbeáramlani a marsi levegő, a marsi pornak a szkafanderekről és más különböző felületekről való eltávolítását az asztronauták nagynyomású fúvókák segítségével tudnák elvégezni.

Mindegyik ilyen nagynyomású fúvóka egy robotkígyóra hasonlító légtömlő végén helyezkedne el, ami pedig egy több tíz liter kapacitású szén-dioxid palackra lenne rácsatlakoztatva, így az asztronauták a nagynyomású fúvókákból kiengedhető sűrített szén-dioxiddal a szkafandereik és a különféle eszközeik legnehezebben hozzáférhető pontjain is tökéletesen el tudnák végezni a portalanítást. A nagynyomású fúvókákkal felszerelt szén-dioxid palackok kézben is cipelhetők lennének, így az asztronauták a palackok újratöltését a szélcsatornán kívül is meg tudnák oldani.

A felderítő jármű szélcsatornájának a belső fala annak teljes felületén Elektrodinamikus Porpajzzsal (EDS) is felszerelt lenne, megkönnyítve a kriogén tartály folyamatos tisztán tartását.



101. Napraforgó-galaxis (Kredit: ESA)

A bázismodulokkal ellentétben a felderítő jármű esetében az egymással ellentétes oldalon elhelyezkedő két légzsilip eleve hozzáépített lenne a kriogén tartályhoz, így a fánk alakú másodlagos élettér felfújását követően a szélcsatornaként szolgáló kriogén tartályba való belépéshez, illetve az onnan való kilépéshez is az egyik légzsilipen keresztül vezetne az út.



102. Lófej-köd (Kredit: NASA)

Mivel a felderítő jármű szélcsatornája és a vele egybeépített légzsilipjei két teljesen különálló részre osztanák szét a fánk alakúra felfújt másodlagos életteret, ezért ebből a két félkör alakú élettérből csak az egyik szolgálna nyomás alatt lévő utastérként, a másik félkör alakú rész egy a marsi légkör felé nyitott nagyméretű szerszám- és eszköztároló helyiség lenne.

A szerszám- és eszköztároló helyiségnek a falába a felderítő jármű hátulra néző részen eleve beépített lenne egy nagyméretű és nem nyomásálló ajtó, ami pedig felszerelt lenne egy kapaszkodóval is rendelkező leengedhető lépcsővel, így az asztronauták az xEMU szkafandereiket viselve is könnyen és biztonságosan tudnának ki-be járkálni ebbe a helyiségbe.

Így a szerszám- és eszköztároló helyiségbe kerülne elhelyezésre minden olyasmi, amire a Mars felszínén végzett munkák során az asztronautáknak folyamatosan szükségük lehet, és amiket fölösleges minden alkalommal egy portalanítást követően a Mars-bázis nyomás alatt lévő steril környezetébe visszavinniük. A szerszám- és eszköztároló helyiségbe kerülnének raktározásra a Mars felszínéről összegyűjtött kőzetminták is, minimalizálva azok különféle organizmusokkal való beszennyezésének az esélyét.

A felderítő jármű mindkét légzsilipje négy irányba lenne elhagyható, kifelé a Mars felszíne felé, vagy amennyiben a felderítő jármű az egyik légzsilipjével rácsatlakozott a Mars-bázis egyik szabadon lévő légzsilipjére, akkor a Mars-bázis felé, befelé a szélcsatornaként szolgáló kriogén tartályba, oldalirányban a felderítő jármű nyomás alatt lévő utastere felé, és végül a szerszám- és eszköztároló helyiség felé egy xEMU szkafander dokkolóegységen keresztül.



103. Nyomás alatt lévő életterű marsjáró szkafander dokkolóegységekkel (Kredit: NASA)

Azáltal, hogy az xEMU szkafandereket a hátrészükön lévő bebújó nyíláson keresztül lehet felvenni, ami részegységek kifejezetten úgy vannak megtervezve, hogy bedokkolhatók legyenek az erre szolgáló xEMU szkafander dokkolóegységekbe, így az asztronauták minimalizálhatják a szélcsatorna használatát és a portalanítással eltöltött időt, mert a felderítő jármű mindkét légzsilipjét el tudnák hagyni a szerszám- és eszköztároló helyiség felé úgy, hogy egyből a szkafandereikbe bújnak bele az xEMU szkafander dokkolóegységeken keresztül.

Bár a Mars felszíne sokkal barátságosabb, mint a Hold felszíne és a mélyűr, az xEMU szkafanderek használata ennek ellenére elkerülhetetlen, mert a Mars felszínére optimalizált, de gyengébb képességű űrruhák fölösleges kockázatot jelentenének.



104. Perseverance Mars rover (Kredit: NASA)

A felderítő jármű fánk alakra felfújható oldalfalai úgy lennének kialakítva, hogy a felfújását követően a felderítő jármű elöl elhelyezkedő félkör alakú nyomás alatt lévő utastere ablakokkal is rendelkezzen, lehetővé téve a Mars felszínére való kilátást a felderítő jármű botkormánnyal való vezetése során. Bár ez a kilátás csak minimális szintű lenne egy MMSEV alapú Mars roverhez képest, de kameráknak a felderítő járművön való elhelyezésével a felderítő jármű közvetlen környezete az asztronauták számára jól belátható maradhatna.

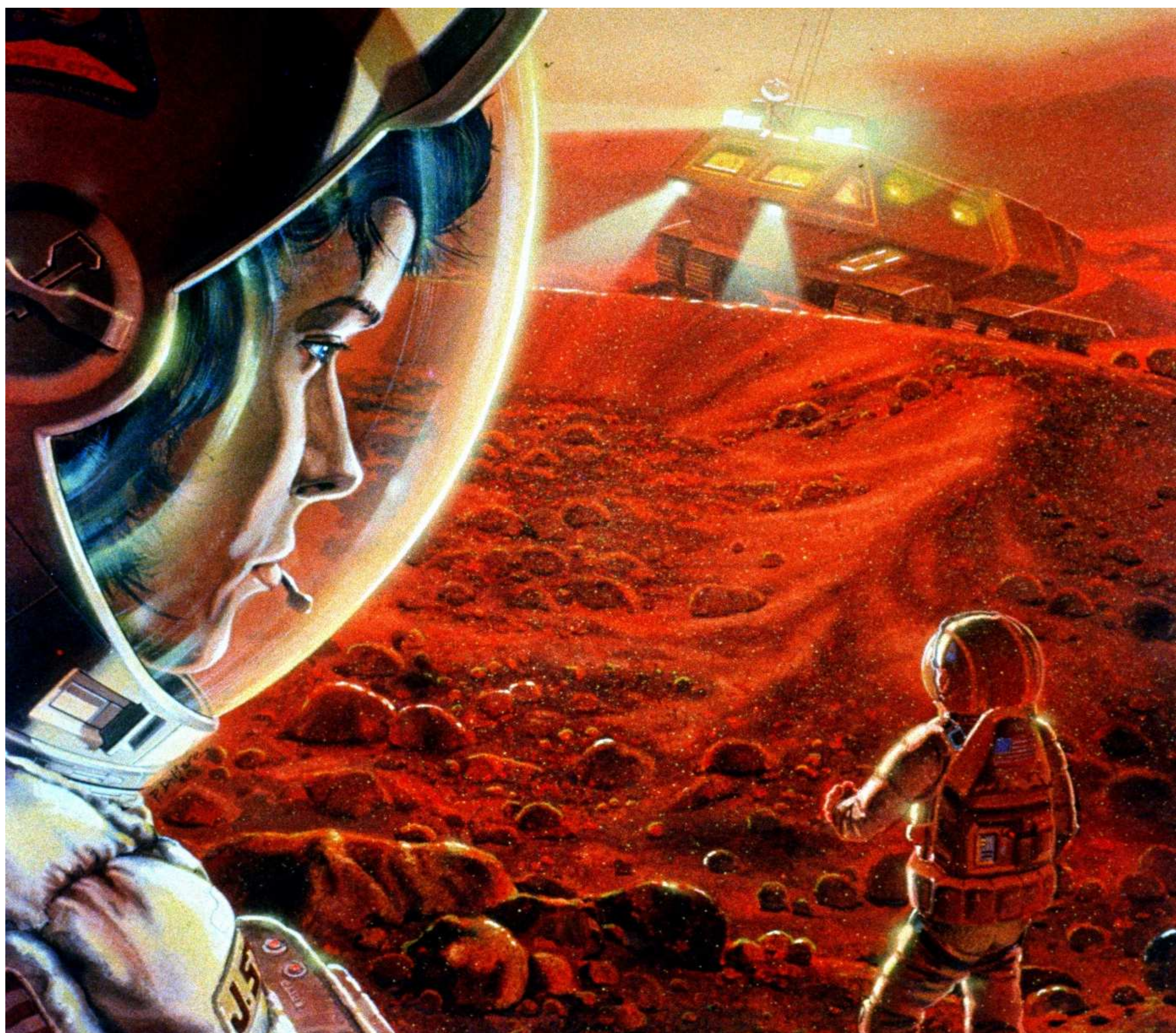
A bázismodulokhoz hasonlóan a felderítő jármű is tartalmazna előre összecsomagolt felszerelést, az összeszerelhető üléseket, a szélcsatorna beüzemeléséhez szükséges eszközöket és berendezéseket, és többek közt a tartalék xEMU szkafandereket is. A bázismoduloktól eltérően viszont a Mars felderítő jármű kifejezetten úgy lenne megtervezve, hogy a maradék LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagának a leszivattyúzását és a fánk alakú másodlagos életterének a felfújását követően szinte azonnal használatba vehető legyen.

A többi marsi leszállóegységhez hasonlóan a felderítő jármű elsődleges energiaellátása is gáz halmazállapotú hidrogént és oxigént felhasználó üzemanyagcellás lenne, azonban a bázismodulokhoz hasonlóan az üzemanyagcellás energiaellátását csak addig tudná használni, amíg a Mars-bázis

összeállítását követően a landolásból megmaradt LOX/LH2 rakéta-hajtóanyaga átszivattyúzásra nem kerülne a hajtóanyag-kompokba. Innentől kezdve a felderítő jármű energiaellátása csak a saját beépített akkumulátoraira támaszkodna minden olyan esetben, amikor a Mars-bázishoz és ezáltal a nukleáris ellátómodulhoz nincs hozzácsatlakoztatva.

Bár ez drasztikusan lecsökkentené a felderítő jármű által egyszerre bejárható területnek a nagyságát, de mivel a Főnix-program Mars felszíni küldetése a kutatási feladatok végrehajtásában elsősorban robotokra támaszkodna, és maga a Mars-bázis is végig megőrizné a mobilizálhatóságát, így maguknak az asztronautáknak soha nem kell majd a Mars-bázistól messzire eltávolodniuk, ami utóbbi jelentősen mérsékelheti a Mars felszíni küldetés kockázatait is.

Épp ezért a felderítő jármű elsődleges szerepe nem az asztronauták szállítása lenne a Mars-bázis és a Mars felszínén lévő tudományos szempontból érdekesebb helyszínek között, hanem hogy bejáratként szolgáljon a Mars-bázis számára, lehetővé téve a visszatéréskori pormentesítést minden olyan esetben, amikor az asztronauták nem az xEMU szkafander dokkolóegységeket, hanem a légzsilipet használják. A portalanításnak a Mars felszíni küldetésben való kulcsfontosságú szerepe miatt a Mars felderítő járműből két darab landolna a Marson, és az egyik ilyen felderítő jármű minden esetben folyamatosan a Mars-bázishoz lenne csatlakoztatva.

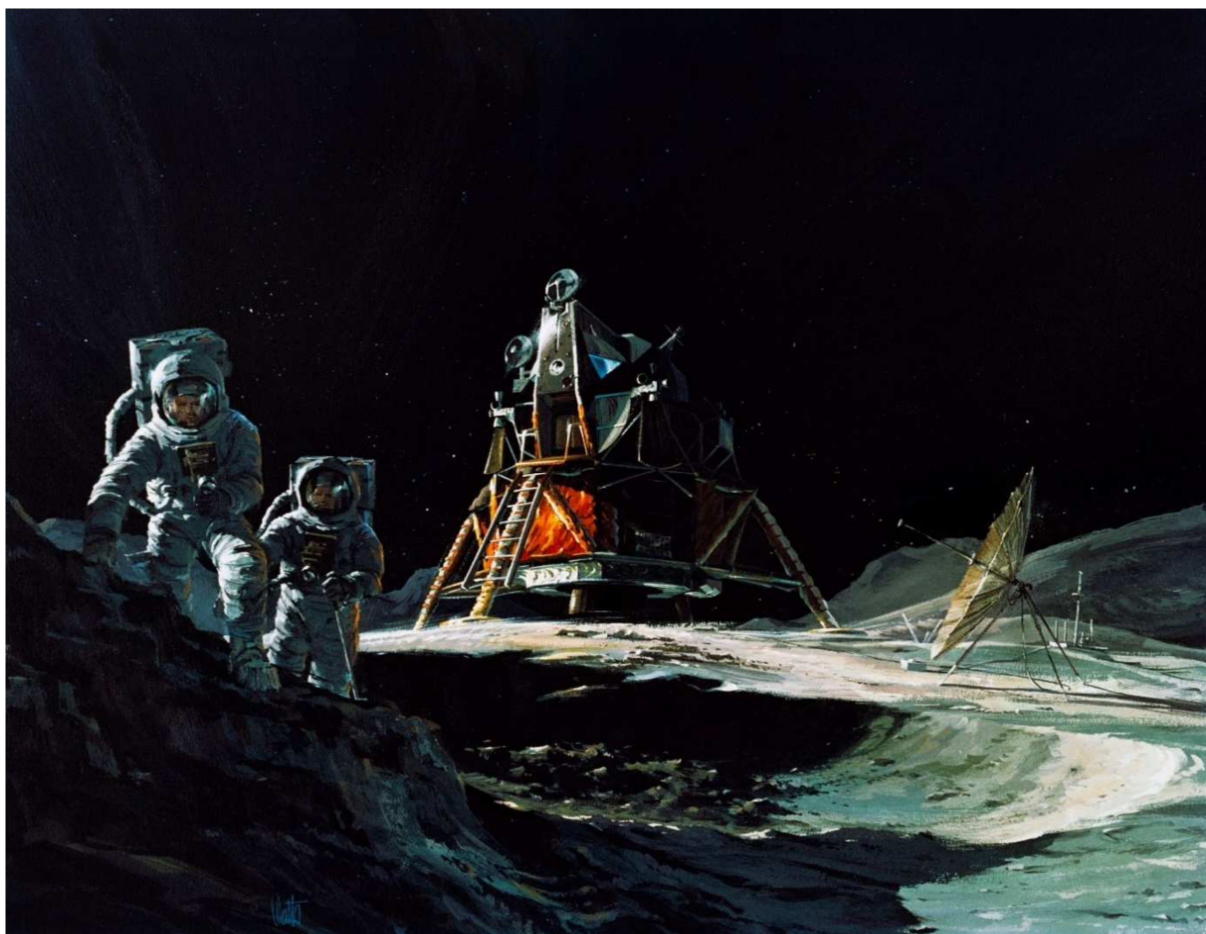


105. Asztronauták a marsi porviharban (Művészi koncepció) (Kredit: Paul DiMare)

4. Fejezet: Tesztprogram a Holdnál

Bár a Hold felszíne a kozmikus sugárzás és a napkitörések ellen védő mágneses tér illetve légkör hiányában ugyanolyan veszélyes az asztronauták számára, mint a mélyűr, ráadásul a csak egyhatodnyi gravitációnak az egészségügyi hatásai miatt még egy megfelelő sugárzásvédelemmel rendelkező Hold-bázist sem lehetne állandó legénységgel működtetni, hanem csak a legénységnek a Nemzetközi Űrállomásnál alkalmazottakhoz hasonló rotálásával, azonban a Hold ezen hátrányok ellenére is hatalmas lehetőségeket tartogat.

Ugyanis az akár kétéves időtartamú marsi küldetés során rengeteg olyan technológiát és eszközt kell majd élesben használni, amelyeknél az esetleges tervezési hibák és üzemzavarok, még ha esetleg az asztronautákra nem is jelentenek közvetlen veszélyt, a Mars felszíni küldetés tudományos feladatainak a végrehajtását ellehetetleníthetik. Ezért a NASA Artemis-programjához hasonlóan a Főnix-programban is először egy teljes körű tesztprogram kerülne végrehajtásra a Holdnál.



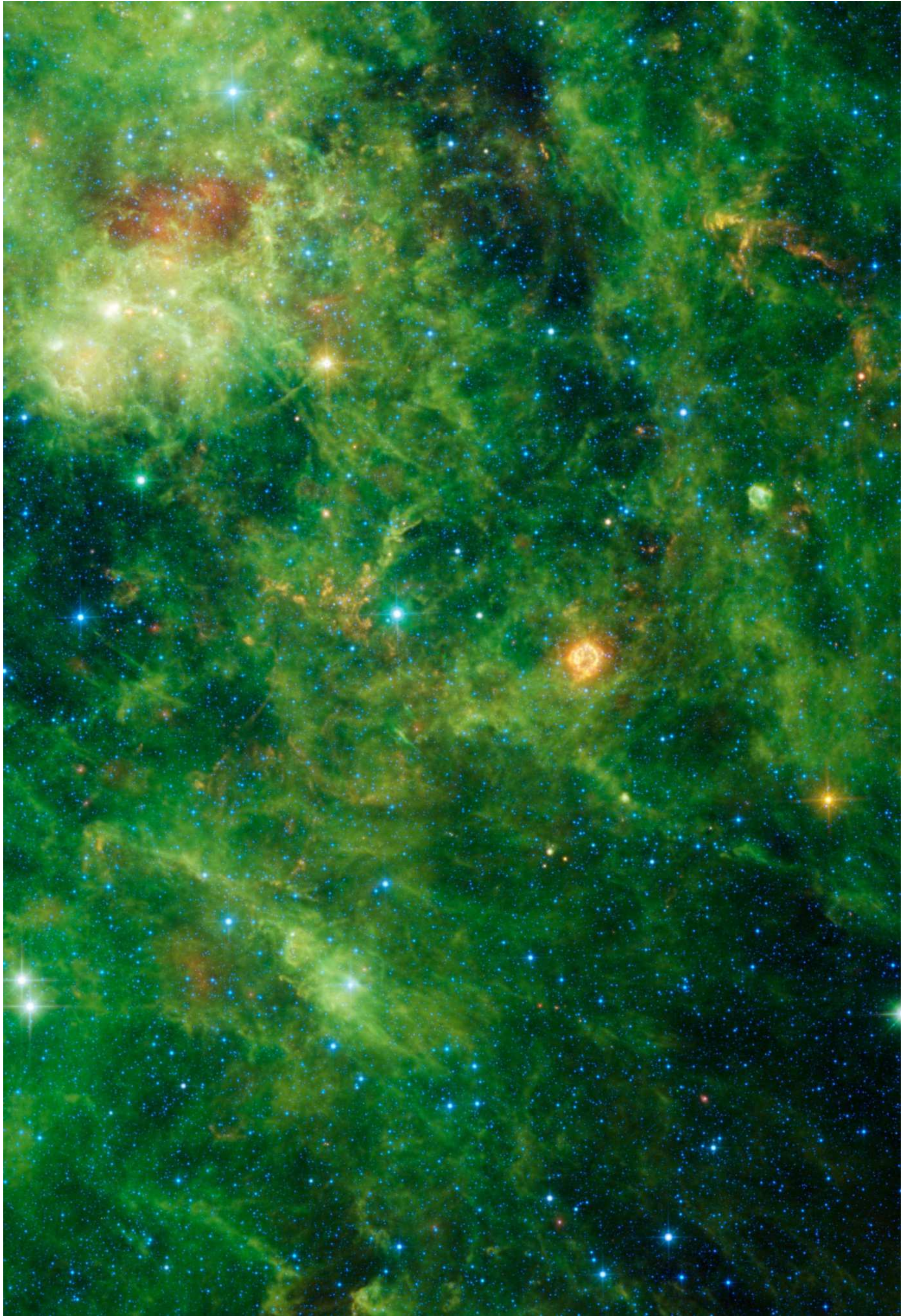
106. Az Apollo 13 elképzelve a Hold felszínén (Művészi koncepció) (Kredit: Teledyne Ryan Aeronautical)

Mire a gravitációs gyűrű építése befejeződhet, a Nemzetközi Űrállomás már hosszú évekkel lépi túl majd az eredetileg tervezett élettartamát, és mivel egy marsi küldetés a komplexitása miatt minden centjét lekötheti az űrkutatásra fordítható anyagi forrásoknak, így nem lesz lehetőség egy újabb űrállomás építésére se az alacsony Föld körüli pályán, se a Holdnál, ami egyben a Hold körüli pályára tervezett Gateway űrállomás építésének a lefújását is jelentené.



107. A Hold északi pólusa (Kredit: NASA)

Ezért a Nemzetközi Űrállomáshoz csatlakoztatott gravitációs gyűrű az építését befejezve átvenné a szerepét magának a Nemzetközi Űrállomásnak is. A Nemzetközi Űrállomás felszámolásra kerülne, minden még hasznosítható űrállomásmodult és berendezést a gravitációs gyűrűbe beépítve, egyrészt további vészhelyzeti tartalékokat képezve ezzel a későbbi marsi küldetésre, másrészt továbbra is lehetővé téve azoknak a legkülönfélébb tudományos és kereskedelmi célú küldetéseknek a kiszolgálását, amikre a gravitációs gyűrű saját lakómodulja a szűkössége és korlátozott képességei miatt alkalmatlan lenne.



108. Cassiopeia A szupernóva-maradvány (Kredit: NASA)

Mivel a Nemzetközi Űrállomást jelenleg alkotó különböző űrállomásmodulok nem rendelkeznek érdemi sugárzásvédelemmel, így azokat az asztronauták csak a viszonylagos védettséget biztosító alacsony Föld körüli pályán használhatják, miután a gravitációs gyűrű elszakadt a Föld gravitációjából, az asztronauták már csak a Főnix-programban kifejlesztésre kerülő lakómodulban tartózkodhatnának, azonban a Holdnál végrehajtott tesztprogramot követően a marsi küldetés végrehajtására való felkészüléshez a gravitációs gyűrű visszatérne az alacsony Föld körüli pályára.

Ugyanis, bár az alacsony Föld körüli pályára való visszatérés majd a Mars felé a Föld gravitációs teréből való elindulás nagyon sok plusz rakéta-hajtóanyagnak a felhasználását igényelné ahhoz képest, amekkora mennyiségre a Holdtól való közvetlen induláshoz lenne szükség, de a holdi tesztprogram és a marsi küldetés között hosszú évek telhetnek el, ami idő alatt pedig csak a viszonylagos védettséget adó alacsony Föld körüli pályán lehetne maximálisan kihasználni a gravitációs gyűrű képességeit, ráadásul a marsi küldetéshez szükséges több száz tonnányi rakéta-hajtóanyagnak a felhordását végző újrafelhasználható hajtóanyag-szállító űrrepülőgépek is csak az alacsony Föld körüli pálya elérésére lennének valóban alkalmasak.



109. NGC 1097 spirálgalaxis a Kemence csillagképben (Kredit: ESA)

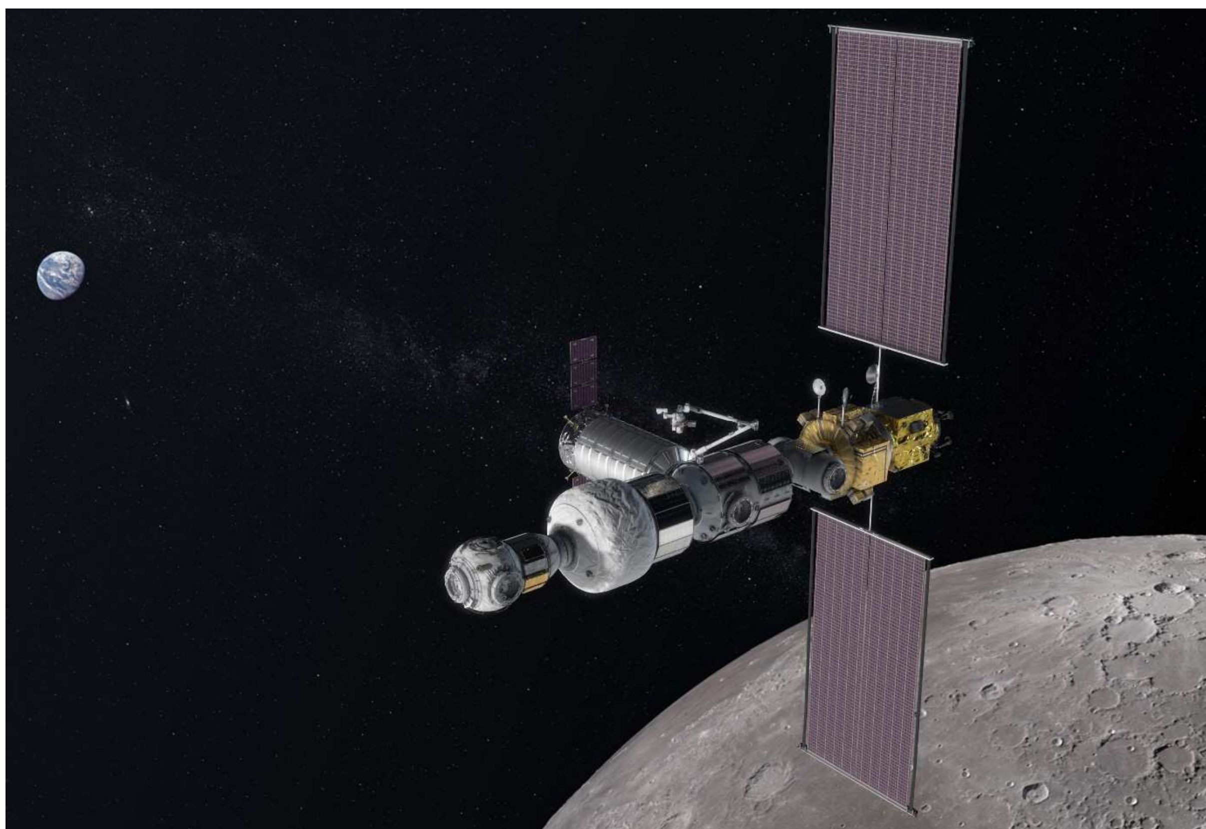
A holdi tesztprogramra való felkészülést megkönnyíti, hogy a Hold viszonylag könnyű és gyors megközelíthetősége miatt a holdi tesztprogramhoz elég csak a legminimálisabb vészhelyzeti tartalékokkal rendelkezni, és csak azoknak a marsi leszállóegységeknek a kifejlesztésével és legyártásával kell elkészülni hozzá, amik a holdi tesztprogramban konkrétan részt is vennének.

4.1 Pályára állás a Holdnál

A gravitációs gyűrű építésének a befejezését követően a Nemzetközi Űrállomásról leválasztásra kerülne minden még hasznosítható űrállomásmodul és berendezés, áthelyezve azokat a gravitációs gyűrűre, majd a Nemzetközi Űrállomás rossz állapotú és megsemmisítésre szánt űrállomásmoduljairól a gravitációs gyűrű végleg lecsatlakozna, a Nemzetközi Űrállomás maradványa pedig a légkörbe való belépéshez és a Nemo-pontba való becsapódáshoz letérítésre kerülne a pályájáról.

Az eredetileg a Nemzetközi Űrállomást és az épülő gravitációs gyűrűt összekapcsoló és egyben a folyamatos rakéta-hajtóanyag utánpótlást is fogadó kriogén űrállomásmodul innentől már végleg a gravitációs gyűrű részévé válna, és amennyiben a kifejlesztése sikeres, az NTP hajtóműmodul is fellövésre és a kriogén űrállomásmodulhoz való csatlakoztatásra kerülne.

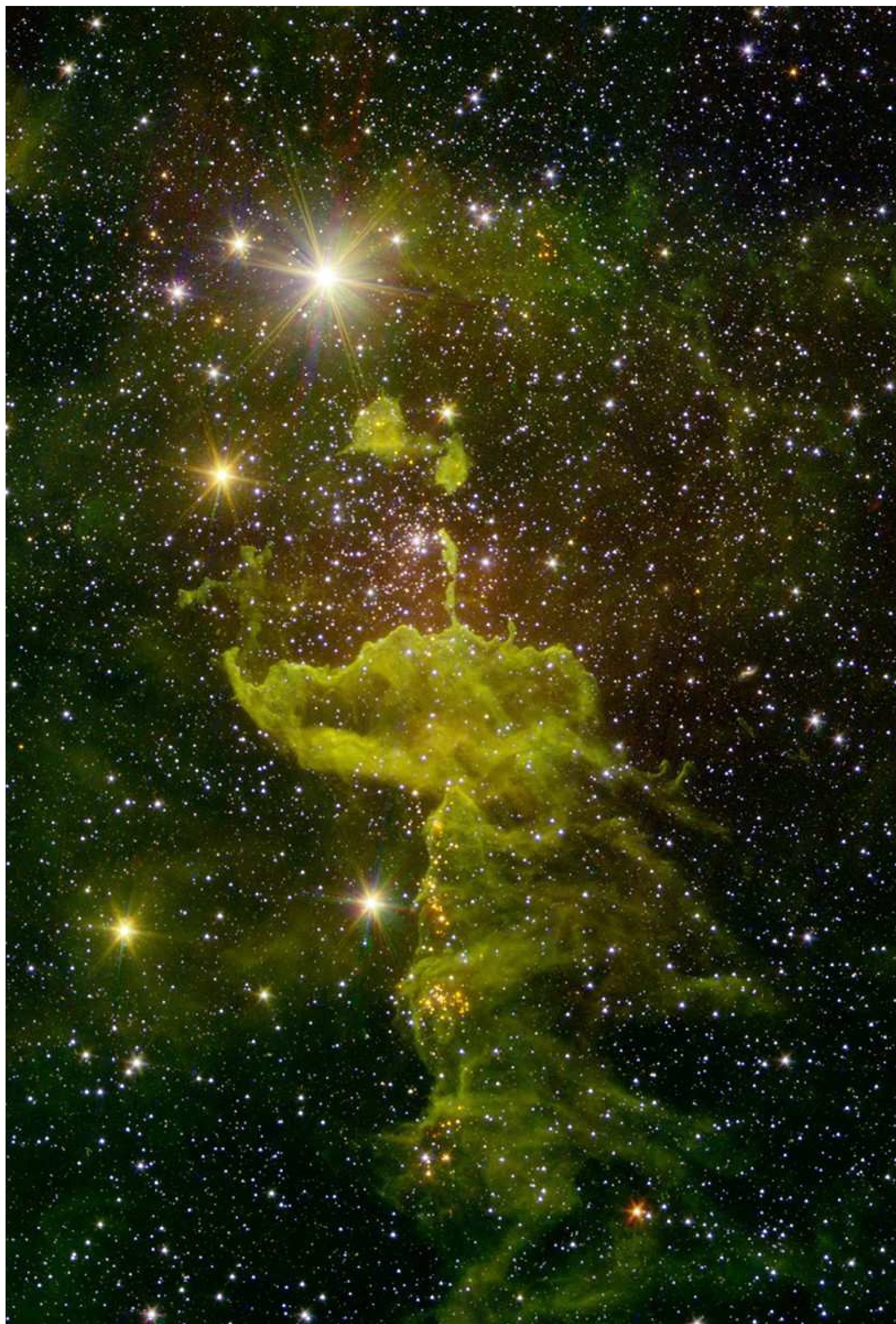
Bár a gáz halmazállapotú oxigénnek és hidrogénnek az elégetésével működő hagyományos pályamódosító hajtóműmodultól eltérően a nukleáris termikus meghajtás csak folyékony hidrogént igényelne hajtóanyagként, és így az NTP hajtóműmodul kifejlesztésével a gravitációs gyűrű repülési sebességének a gyorsítása vagy lassítása is leegyszerűsödne, de ennek ellenére vészhelyzeti tartalékként a gravitációs gyűrűt alkotó kriogén tartályokban annyi folyékony oxigén is tárolásra kerülne, amennyire a holdi tesztprogram pályamódosításaihoz a kémiai elven működő pályamódosító hajtóműmodulnak szüksége lehet az NTP hajtóműmodul esetleges meghibásodása esetén.



110. A Lunar Gateway űrállomás (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Miután a műszaki kiszolgáló űrhajó és annak tartaléka, a leszállóegységek, az alacsony Föld körüli pályán keringő Hubble űrtávcső, illetve minden más a holdi tesztprogramhoz szükséges űrállomásmodul, űrhajó, illetve eszköz a gravitációs gyűrűhöz került csatlakoztatásra, a gravitációs gyűrű stabilizációs gázelosztó rendszerének a segítségével megtörténne a folyékony hidrogén és folyékony oxigén rakéta-hajtóanyagnak az elosztása a gravitációs gyűrűt alkotó kriogén tartályok között a gravitációs gyűrű tökéletes súlyelosztásának a beállításához.

Ezt követően a küllőinek a végén lévő T-elosztó kialakítású összekötőelemekre csatlakoztatott manőverező hajtóműmoduljainak a segítségével a gravitációs gyűrű forgása elindításra kerülne a marsi nehézségi erőnek a mesterséges gravitációval való szimulálásához szükséges közel két fordulat per perc sebességre.



111. Pók-köd (Kredit: NASA)

Amennyiben a gravitációs gyűrű forgása stabil, egy vészhelyzeti teszt következne a forgás gyors leállítására, majd a gravitációs gyűrűnek a pályamódosításra és mélyűri manőverezésre szolgáló rendszerei egymás után teljes körű tesztelésre kerülnének, minden hajtóművet legalább néhány pillanatra beindítva. Bár ezek a tesztek rengeteg rakéta-hajtóanyagot emésztenének fel, nagyon fontos pontosan ismerni, hogy a karácsonyfaként mindennel teleaggatott gravitációs gyűrű hogyan reagál a különböző manőverekre, a hajtóműtesztek során begyűjtött szenzoradatokkal pedig pontosíthatók az addigi szimulációs adatok.

A sikeres hajtóműteszteket követően, mikor a Föld a Napot eltakarva árnyékot vet a gravitációs gyűrűre, a gravitációs gyűrű átfordulna úgy, hogy az NTP hajtóműmoduljának a tolóerejével a második kozmikus sebességet elérve elszakadhasson a Föld gravitációs vonzásából. Ezt a manővert azért szükséges a Föld árnyékában végrehajtania a gravitációs gyűrűnek, mert az NTP hajtóműmodul a rakétameghajtó üzemmódjában a saját tárolókapacitással rendelkező kriogén űrállomásmodul által biztosítható folyékony hidrogént használná fel, ezáltal a gyorsításhoz nem lenne szükség a gravitációs gyűrűt alkotó kriogén tartályokban tárolt nagymennyiségű LOX/LH2 rakéta-hajtóanyaghoz való hozzáférésre, viszont a gravitációs gyűrűnek a pályamódosításhoz szükséges átfordításával megszűnhet a napelemtábláinak az árnyékoló hatása.

Ezért a gravitációs gyűrű csak addig használná a gyorsításhoz az NTP hajtóműmodulját, amíg a Föld által vetett árnyékban tudna haladni, és még az árnyékból való kilépése előtt a napelemtábláival a Nap irányába fordulna át, egyben az NTP hajtóműmodulját is átkapcsolva a rakétameghajtó üzemmódjáról az energiatermelő üzemmódjába. Energiatakarékos pályán haladva a gravitációs gyűrű egy néhány napos utazást követően geostacionárius pályára állna a Hold körül a Hold felszíni küldetés tervezett helyszíne felett, ahol a marsi gravitációt szimuláló forgása is újra elindításra kerülne.



112. Boeing CST-100 Starliner űrhajó (Művészi koncepció) (Kredit: Boeing)

A gravitációs gyűrűre csatlakoztatott Hubble űrtávcső illetve a szintén rendelkezésre álló nagyteljesítményű sztereo radarok segítségével a geostacionárius pályára állást követően elkezdődne a Hold felszíni küldetést megkönnyítő 3D-s térképeknek az elkészítése, egyben a leszállóegységek számára is kijelölve a leszállási körzetet. A Főnix-program Hold felszíni küldetése az Artemis-program déli sarkra tervezett Hold-bázisának a közvetlen közelében kerülne végrehajtásra.

4.2 Aszteroidabányászat

Már a könnyen elérhető földközeli aszteroidák is hatalmas gazdasági potenciállal rendelkeznek, mert a fémtartalmú aszteroidák anyagának a Földre való gazdaságos lejuttatásával a platinától az aranyon át a ritkaföldfémekig számtalan gazdaságilag kulcsfontosságú anyaghoz való szinte korlátlan hozzáférésre nyílna lehetőség. Az űriparba ezáltal bevonzható anyagi források pedig a mélyűri tudományos küldetések végrehajtását is segítenék, mert az aszteroidák azonosítására, befogására és űrbeli feldolgozására kifejlesztésre kerülő technológiákkal a mélyűri küldetések rakéta-hajtóanyag utánpótlása is egyszerűbben megoldhatóvá válna.

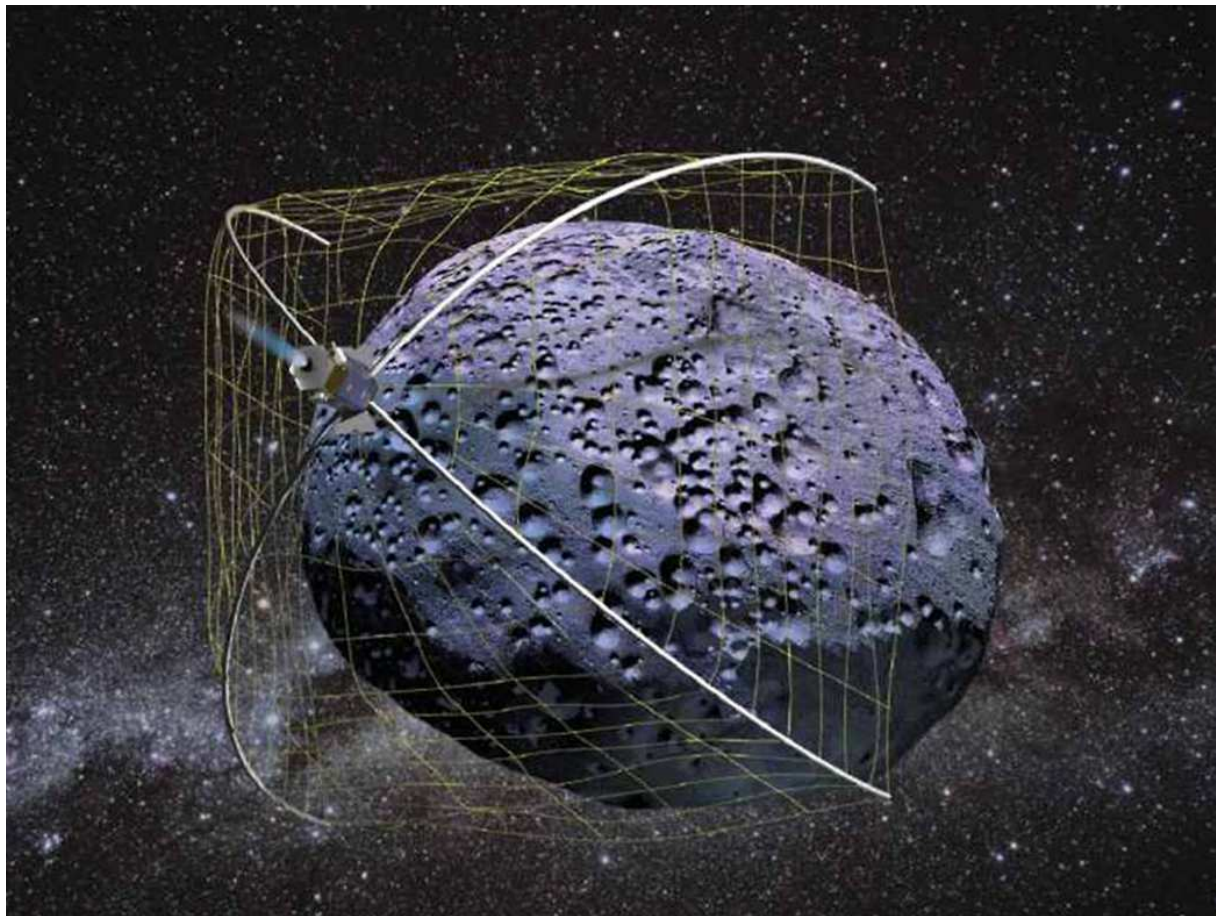


113. Aszteroida-eltérítő küldetés (ARM) (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Ennek különösen a Marsnál lenne jelentősége, ugyanis amennyiben a szükséges technológiák rendelkezésre állnának, lehetővé válna, hogy a két asztronauta, akik nem landolnak a társaikkal a Mars felszínén, hanem a gravitációs gyűrűvel geostacionárius pályán maradnak a Mars-bázis felett, a várakozásuk ideje alatt egy marsközeli aszteroida részleges feldolgozásával további rakéta-hajtóanyag tartalékokat gyűjtsenek be, ezáltal csökkentve a Mars felszíni küldetés végeztével a Földre való hazatéréshez szükséges időt. Ezért a Főnix-programban újraélesztésre kerülne a NASA aszteroida-eltérítő küldetése (ARM).

Az ideális földközeli aszteroida kiválasztását követően egy robotűrhajó érkezne a kiszemelt aszteroidához, ahol azt közvetlenül megközelítve egy vékony fémhálót bocsátana ki, amibe hagyná az aszteroidát belerepülni. Ezt követően a fémháló végeit összehúzva a robotűrhajó landolna az

aszteroida felszínén. Ez a fémháló csak egy minimális teherbírással rendelkező könnyű szerkezet lenne, aminek nem lenne szerepe az aszteroida pályájának a megváltoztatásában, elsősorban a robotűrhajónak az aszteroidához való stabil rögzíthetőségét szolgálná.

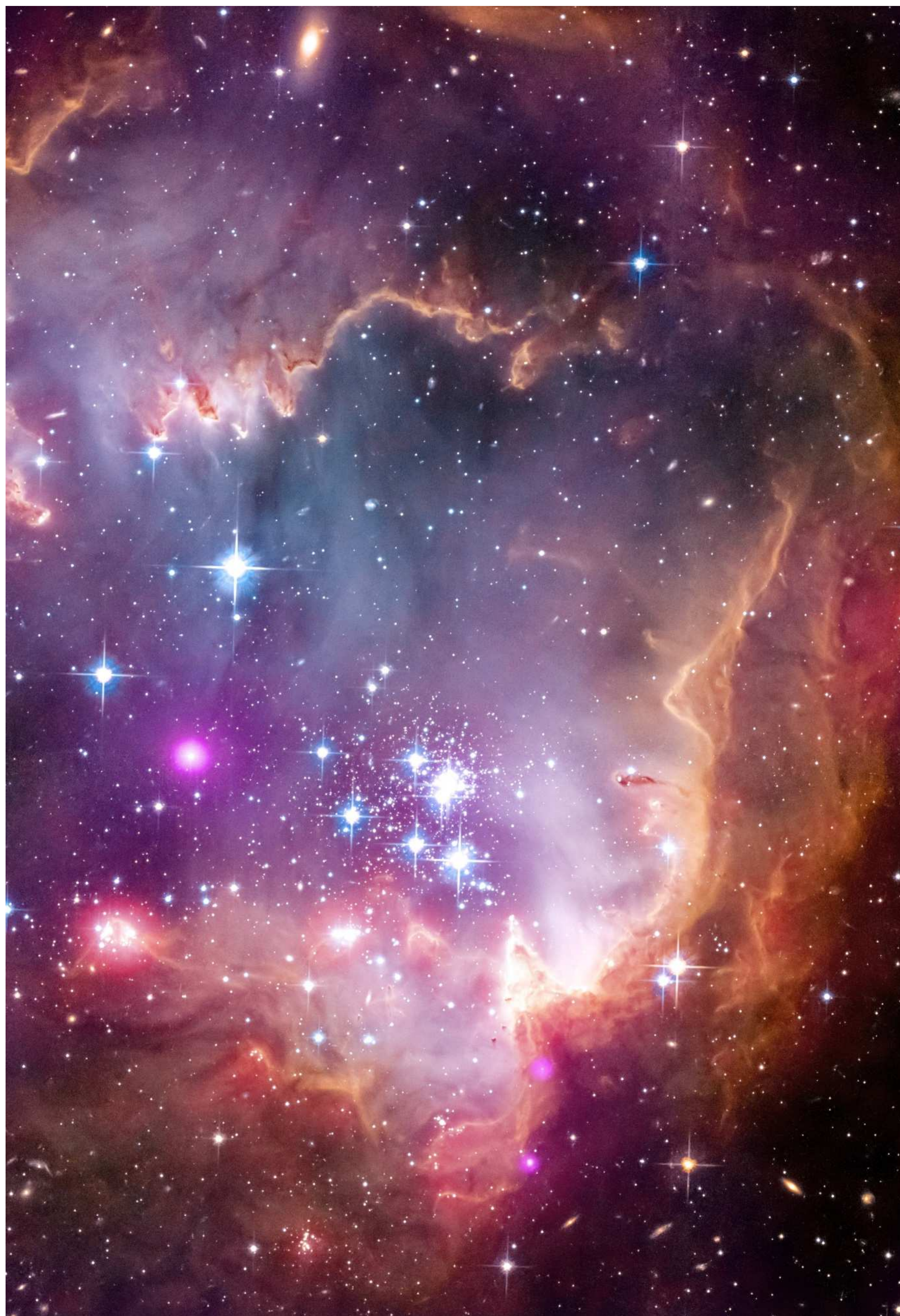


114. WRANGLER rendszer (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Miután a robotűrhajó landolt az immár vékony fémhálóval beborított aszteroidán, egy különálló robotjármű válna le róla. Ez a robotjármű alapvetően egy póklábakkal közlekedő manőverező rakétahajtómű lenne, ami állandóan egy rugalmas csővezetékkel kapcsolódna a robotűrhajóhoz. Ezen a rugalmas csővezetéken keresztül tudná a robotűrhajó a robotjárművet energiával és egykomponensű rakéta-hajtóanyaggal folyamatosan táplálni.

A robotjármű a póklábaival képes lenne az aszteroida felszínére kifeszített fémhálóba való belekapaszkodásra annak érdekében, hogy ezen a legfeljebb tíz méter átmérőjű aszteroidának a felszínén is biztonságosan tudjon közlekedni anélkül, hogy a gravitáció hiányában véletlenül lesodródna arról.

Az aszteroidának a magas Hold körüli pályának az eléréséhez szükséges pályamódosításait ez a manőverező rakétahajtóműként szolgáló robotjármű végezné. Mivel a kiszemelt földközeli aszteroida akár mindhárom tengelye mentén is hektikusan foroghat, így a magas Hold körüli pálya eléréséhez a robotjárműnek az aszteroida felszínén akár féltucat különböző helyen is használnia kellhet a manőverező rakétahajtóművét, ami helyekre a póklábaival a fémhálóba kapaszkodva egymás után tudna eljutni a robotjármű.



115. Kis Magellán-felhő (Kredit: NASA)

Annak érdekében pedig, hogy a manőverező rakétahajtóművének a begyújtásakor a robotjármű az általa generált tolóerőt át tudja adni az aszteroidának és közben biztosan is tudjon állni az aszteroida felszínén, a robotjármű a mozgásra, kapaszkodásra, illetve pozícionálásra szolgáló vékony póklábain túl lehajtható széles stabilizáló talpakkal is rendelkezne.

Mivel a kiválasztott földközeli aszteroida eredeti pályájától függően a pályamódosításokat követően még akár hónapok is eltelhetnek a Hold eléréséig, és az annak a gravitációs erejének a segítségével történő magas Hold körüli pályára állásig, ezért a Hold eléréséhez szükséges pályamódosításokat követően a fennmaradó rakéta-hajtóanyag mennyiséget és a rendelkezésre álló rengeteg időt a robotjármű arra használná fel, hogy a lehető legnagyobb mértékben stabilizálja az aszteroida forgását, megkönnyítve annak az asztronautákkal való későbbi meglátogatását.

Miután a holdi tesztprogram végrehajtása érdekében a gravitációs gyűrű ekkor már geostacionárius pályán keringene a Hold felszíni küldetés tervezett helyszíne felett, ezért a magas Hold körüli pályára álló aszteroidát az asztronauták a műszaki kiszolgáló űrhajóval már egyszerűen meg tudnák közelíteni.



116. Egy asztronauta mintát vesz le a befogott aszteroidáról (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Az aszteroida felszínéről való mintavételezést követően az asztronauták egy tucat a póklábú robotjárműhöz hasonló manőverező rakétahajtóművet rögzítenének elszórtan az aszteroida felszínére, csővezetékekkel ezeket is becsatlakoztatva a robotűrhajóba, majd a robotűrhajó rakéta-hajtóanyag tartályának a feltöltését követően az asztronauták a műszaki kiszolgáló űrhajóval visszatérnének a gravitációs gyűrűhöz.

A további manőverező rakétahajtóművek telepítésével a magas Hold körüli pályán keringő aszteroida pályája immár tetszés szerint módosítható lenne, így az aszteroida távirányítással a gravitációs gyűrű közvetlen közelébe, az asztronauták szkafanderéhez csatlakoztatható Emberes Manőverező Egységnek (MMU) a hatótávján belülre lenne manőverezhető. Ezáltal a befogott aszteroida, ami a legfeljebb tíz méteres átmérője ellenére is jelentős tömeggel rendelkezne, elég távol helyezkedne el

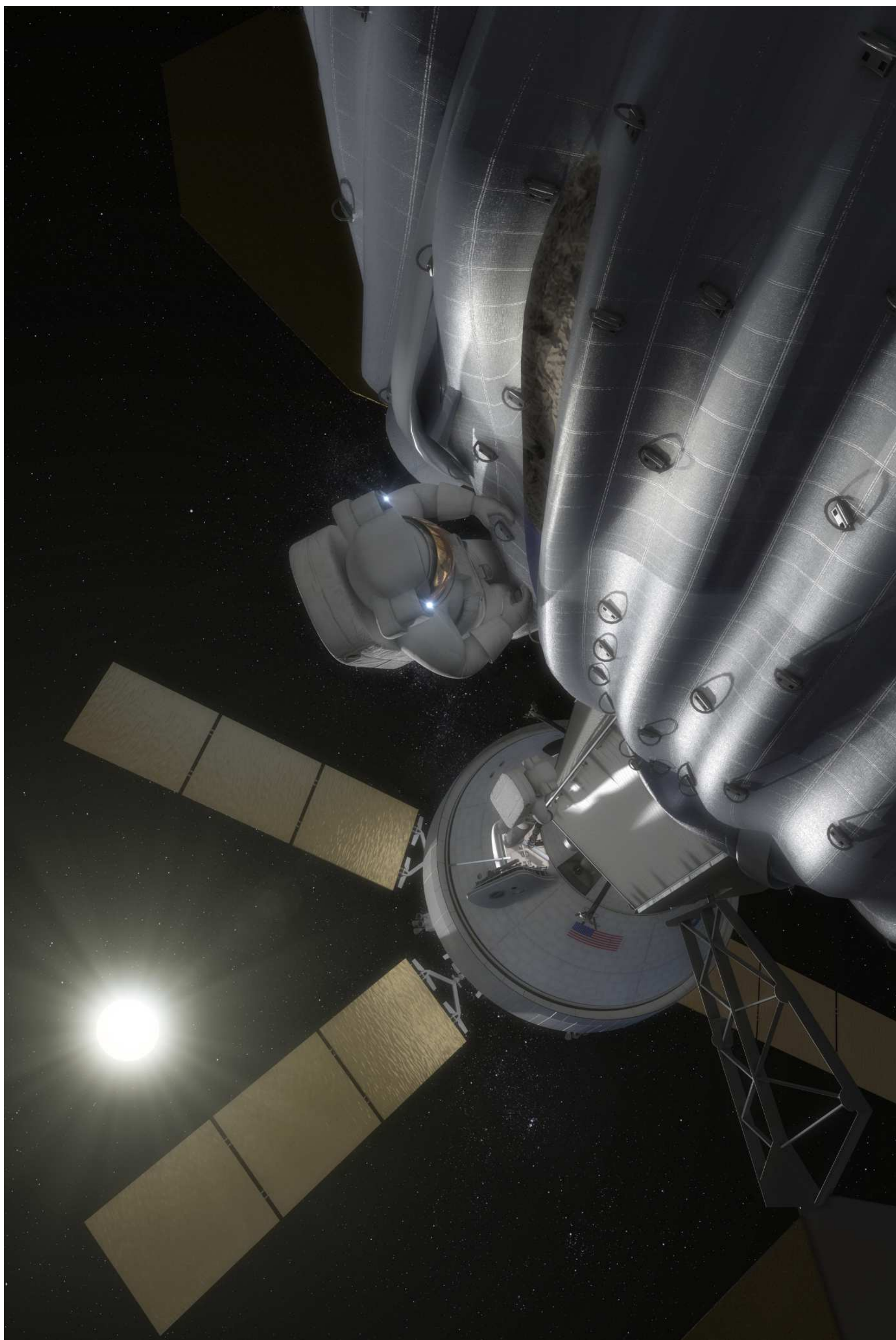
a gravitációs gyűrűtől ahhoz, hogy annak szerkezetére semmiképp se tudjon veszélyt jelenteni, de ugyanakkor elég közel, hogy az asztronauták az aszteroida űrbeli feldolgozhatóságához kapcsolódó mélyreható vizsgálatokat könnyen és biztonságosan elvégezhessék.

Az aszteroida pontos anyagösszetételének a megállapítását követően az asztronauták ismét a műszaki kiszolgáló űrhajóval térnének vissza az aszteroidához, aminek a felszínébe egy legfeljebb fél méter hosszú lyukat fúrnának úgy, hogy a lyuk tervezett pontja fölé a fúrás során kiszabaduló törmelékeknek a felfogására egy védőkupolát is odahelyeznének. Ez a védőkupola a fúrófej belehelyezéséhez a tetején nyitott lenne, a fúráshoz szükséges fúróberendezést pedig a műszaki kiszolgáló űrhajó egyik Canadarm mechanikus karjának a végéhez lehetne hozzácsatlakoztatni.

A fúrás végeztével ebbe a lyukba egy nagy teherbírású fém rögzítőfül kerülne beépítésre, lehetővé téve, hogy az aszteroidán való további munkavégzéshez a műszaki kiszolgáló űrhajó a másik Canadarm mechanikus karjával ezen a fém rögzítőfülen stabilan megkapaszkodhasson. Ezáltal az aszteroidán való munkavégzés biztonságosabbá válna, és az első fúrást is végző fúróberendezéssel elkezdődhetne az aszteroidába való mélyebben történő befúrás. Az újabb fúrás elkezdése előtt az asztronauták ide is elhelyeznének egy a törmelékek felfogására szolgáló védőkupolát.



117. NGC 3147 spirálgalaxis a Sárkány csillagképben (Kredit: NASA)



118. Egy asztronauta felkészül a mintavételhez a befogott aszteroidáról (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Az újabb, az aszteroidába immár legalább két méter hosszan történő befúrást követően az asztronauták elhelyeznének egy bányászati modult a lyuk fölé oly módon, hogy a bányászati modul elejéből kinyúló két méter hosszú bélelő rudat beledugnák a kifúrt lyukba. Ez a bélelő rúd a Bigelow Aerospace felfújható űrállomásmoduljainak a technológiája alapján kerülne kifejlesztésre és azok Vectran burkolatanyagát is tartalmazná, így a bányászati modul elhelyezését követően a bélelő rúd felfújásával annak rugalmas anyaga két méter hosszan nagyon erősen ráfeszülne az aszteroidába fúrt lyuknak a belső falára, teljesen kibélelve azt.



119. Apollo 15 holdjáró a Holdon (Művészi koncepció) (Kredit: Teledyne Ryan Aeronautical)

A bélelő rúdnak a használata egyrészt lehetővé tenné a bányászati modulnak az aszteroidához való stabil rögzíthetőségét, másrészt lehetővé tenné, hogy az aszteroidába fúrt lyukat sűrített héliumgáz bejuttatásával nyomás alatt lévő területté lehessen tenni, több atmoszféra nyomású hélium légkört létrehozva az aszteroida belsejében.

Ezt követően az NTP hajtóműmodul és a kriogén űrállomásmodul a műszaki kiszolgáló űrhajó Canadarm mechanikus karjai segítségével a gravitációs gyűrűről lecsatlakoztatásra, a bányászati modulhoz pedig hozzácsatlakoztatásra kerülne. A bányászati modul elektromosan gerjesztett lézert használna arra, hogy az aszteroidába fúrt lyukon keresztül az aszteroida belsejéből kiindulva elpárologtassa annak anyagát, amihez a folyamatos energiaellátást az energiatermelő üzemmódjában működő NTP hajtóműmodul biztosítaná.

Mivel energiatermelő üzemmódjában az NTP hajtóműmodul reaktorának a hűtését a kriogén űrállomásmodul látja el az általa tárolt nagymennyiségű cseppfolyós halmazállapotú héliumnak a segítségével, ezért a két modul a gravitációs gyűrűről való leválasztásuk és a bányászati modulhoz való áthelyezésük során is végig egymáshoz csatlakoztatott maradna.

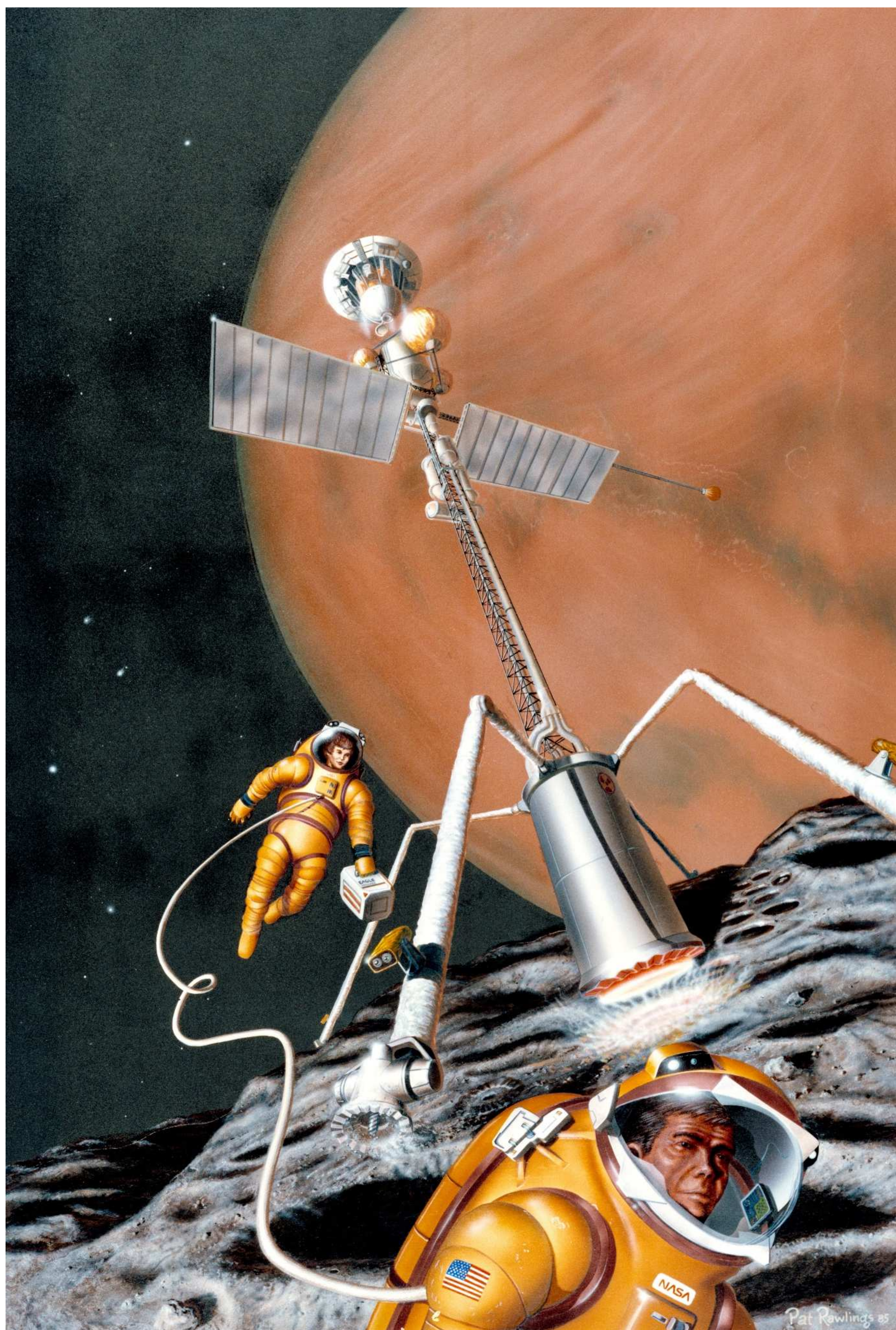


120. John Young Apollo 16 asztronauta mintákat gyűjt a North Ray kráternél (Kredit: NASA)

Az aszteroida belsejében létrehozásra kerülő nagynyomású hélium légkörhöz szükséges gázmennyiséget is a kriogén űrállomásmodul szolgáltatná. Ennek során a kriogén űrállomásmodul az NTP hajtóműmodul és a bányászati modul közbeiktatásával folyamatosan keringetne gáz halmazállapotú héliumot az aszteroida felé úgy, hogy egy az NTP hajtóműmodul reaktorához csatlakoztatott hőcserélőn keresztül először azt több száz Celsius-fokra felhevítené, egyszerűbbé téve a bányászati modul nagyteljesítményű lézere számára az aszteroida anyagának az elpárologtatását.

Az aszteroida belsejéből kiszivattyúzott gáznak az összetevőit pedig a kriogén űrállomásmodul a kriogén desztillációs technológiával egyenként leválasztaná, lehetővé téve az aszteroidát alkotó anyagoknak a külön-külön tartályokban való tárolhatóságát, amiket aztán az asztronauták akár már egy űrséta keretében is átvihetnének a gravitációs gyűrűre, akár elemzésre és ellenőrzésre, akár a Földre való elszállításuk előkészítésére.

Annak köszönhetően, hogy a kémiai elemek közül a hélium cseppfolyósodik a legalacsonyabb hőmérsékleten, az aszteroida belsejében a nagynyomású hélium légkör folyamatosan fenntartható lenne anélkül, hogy az aszteroidát alkotó anyagoknak a kriogén desztillációs technológia alkalmazásával való szétválasztásakor a gáz halmazállapotú héliumot is újra cseppfolyósítani kelljen.



121. Egy mobil hajtóanyag-gyártó üzem nukleáris reaktorral a Phoboson (Művészi koncepció) (Kredit: Pat Rawlings)

Mivel a befogott aszteroida részbeni feldolgozására a gravitációs gyűrű közvetlen közelében kerülne sor, az asztronautáknak pedig már csak a Hold felszíni küldetés előkészítéséhez is rengeteg űrsétát kellhet majd végrehajtaniuk, ezért az aszteroida eleve úgy kerülne elforgatásra a gravitációs gyűrűhöz képest, hogy maga az aszteroida is sugárzásárnyékoló hatású lehessen, csökkentve az asztronautáknak az NTP hajtóműmodul reaktorából fakadó sugárzásterhelését.

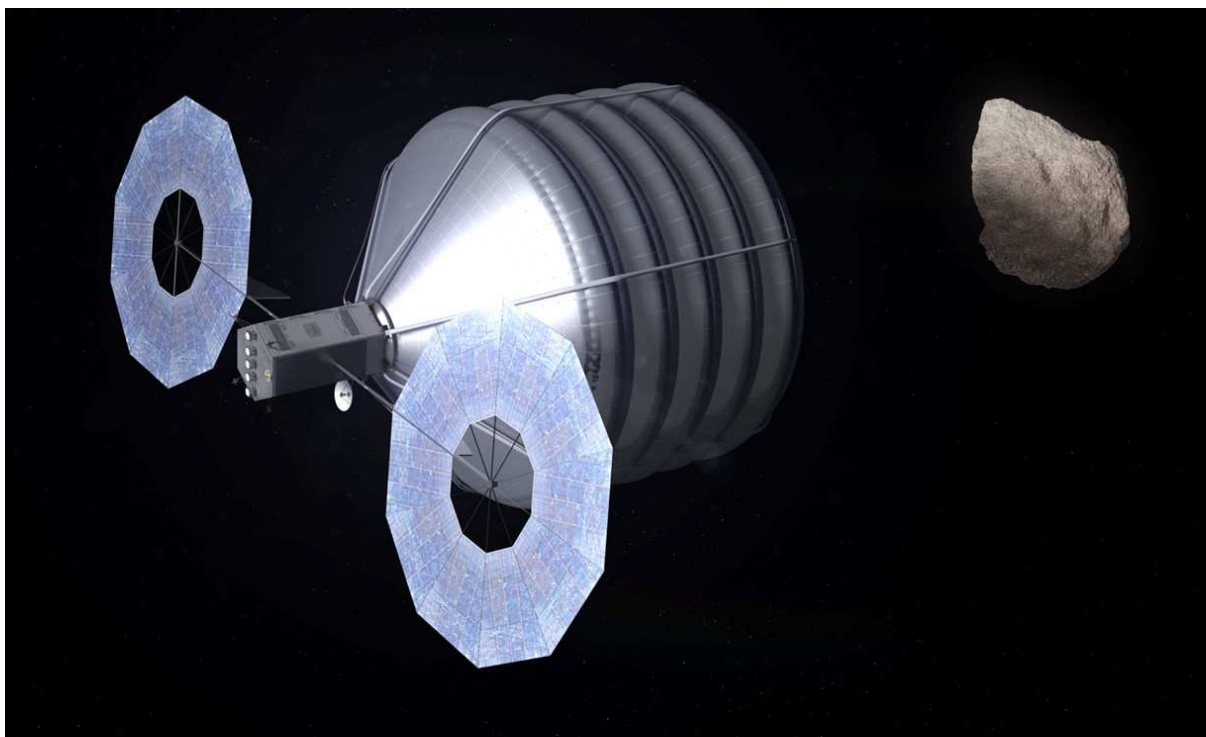
Az aszteroidabányászati kísérlet végeztével a héliumnak az aszteroidából való kiszivattyúzását követően a műszaki kiszolgáló űrhajó segítségével az NTP hajtóműmodul és a vele egy szerkezeti egységet képező kriogén űrállomásmodul visszacsatlakoztatásra kerülne az eredeti helyére a gravitációs gyűrűhöz. Az aszteroidába fúrt lyukba beledugott bélelő rúd csereszabatos lenne, így a bányászati modul leválasztható lenne az aszteroidáról anélkül is, hogy a bélelő rudat ki kellene venni a lyukból.



122. Többkupolás holdbázis építése (Művészi koncepció) (Kredit: ESA)

Mivel a bányászati modul elektromosan gerjesztett lézert használna, amit az NTP hajtóműmodul reaktora tudna folyamatosan energiával ellátni, így egyetlen bányászati modullal egymást követve gyakorlatilag bármennyi aszteroida részlegesen feldolgozható lenne.

Ugyanakkor egy ilyen típusú bányászati modulnak a használatával a kiválasztott aszteroidákat mindig csak részlegesen lehetne feldolgozni, mert csak akkora mennyiségű anyagot lehetne elpárologtatni és ezáltal kinyerni a belsejükből, ami még nem jelente szivárgásveszélyt az aszteroidák belsejében létrehozott hélium légkörre. Ahhoz, hogy egy a manőverező hajtóművei által már stabilizált aszteroidát teljesen fel lehessen dolgozni, az aszteroida belsejébe való befúrás és a bélelő rúd használata helyett a teljes aszteroida köré nyomás alá helyezhető burkolatot kellene vonni, ami egy néhány méter átmérőjű aszteroida esetében még könnyen megvalósítható, azonban egy akár száz méter átmérőjű aszteroida esetében már nem.



123. Aszteroida befogása (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Amennyiben a Hold körüli pályán végrehajtott aszteroidabányászati kísérlet során a LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagnak vagy annak egyik komponensének az előállítása sikeresnek bizonyulna, a Főnix-programban kiválasztásra kerülne egy vagy több kisméretű marsközeli aszteroida, amik az asztronautáknak a Marshoz való odaérkezéséig robotűrhajókkal befogásra és magas Mars körüli pályára való vontatásra kerülnének.

4.3 Bolygóvédelem

Jelenleg a Földnek nincs valós védelme az aszteroidákkal szemben, mert a NASA, az ESA, a JAXA és a többi űrügynökség költségvetése és a technikai eszközeik csak a Földre veszélyes aszteroidák töredékének az észlelhetőségére adnak lehetőséget, és gyakran azokat is csak órákkal a Föld légkörébe való belépésük előtt.

Azonban az aszteroidabányászatba bevonzható anyagi forrásokkal egyúttal a Földre veszélyes aszteroidák elleni védekezés is fejleszthető, mert az ideális aszteroidáknak az űrbányászati szempontokból való felkutatásához, és a kiválasztott aszteroidáknak a feldolgozásuk helyszínére való eltérítéséhez nagyrészt ugyanazoknak a technológiáknak a kifejlesztésére van szükség, mint amik a hatékonyabb bolygóvédelemhez is szükségesek.

A NASA DART küldetésével megegyező elven, a Főnix-program aszteroidabányászati kísérletéhez kiválasztott majd befogott aszteroida a rátelepített manőverező rakétahajtóműveknek köszönhetően könnyen felhasználható lenne egy olyan a Bennu földközeli kisbolygóhoz hasonló viszonylag kisebb méretű objektum becsapódással való eltérítésére, amelynél annak a Földre való veszélyessége évtizedek vagy akár évszázadok múlva realizálódhat csak. Így a rendelkezésre álló évtizedeknek vagy akár évszázadoknak köszönhetően ennek a legfeljebb tíz méter átmérőjű befogott aszteroidának a becsapódási energiája is elégséges lehet a Földre veszélyes aszteroida pályájának a módosításához.



124. Kettős Aszteroida-Eltérítő Teszt (DART) (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Egy akár több kilométer átmérőjű és az eltérítésére is kevés időt biztosító kisbolygó esetében viszont már csak nukleáris robbanással lehetséges a veszély elhárítása, amit viszont nem lehetne a kisbolygó felszínén végrehajtani, mert még ha a kisbolygó egykori tömegének a legnagyobb része más pályára is állna, a nukleáris robbanás során keletkező, a kisbolygó akár több száz méteres átmérőjű darabjaiból álló törmelékfelhő ugyanolyan veszélyes maradna a Földre.

Amennyiben pedig ez a nukleáris robbanás a kisbolygótól néhány száz méterre következne be, akkor az űrben lévő vákuum miatt alapvetően csak a nukleáris robbanás során felszabaduló röntgensugárzás hatna a kisbolygóra, a nagy energiájú röntgensugárzás következtében a kisbolygó felszínén elpárolgó anyagnak az ellenhatásával kismértékben elmozdítva a kisbolygót.

Azonban ha a nukleáris töltet egy az aszteroidabányászat során már részlegesen feldolgozott aszteroida üreges belsejébe kerülne telepítésre, és ezt a nukleáris töltetet hordozó aszteroidát a veszélyes kisbolygóhoz manőverezve a nukleáris robbanás attól csak néhány tíz méterre következne be, akkor a nukleáris robbanásból származó energia nagyobb része hasznosulhatna, mert az odamanőverezett aszteroidának a robbanás hatására azonnal elpárolgó anyagából létrejövő nagy nyomású gáznak a lökéshulláma is hatással lenne a veszélyes kisbolygóra.

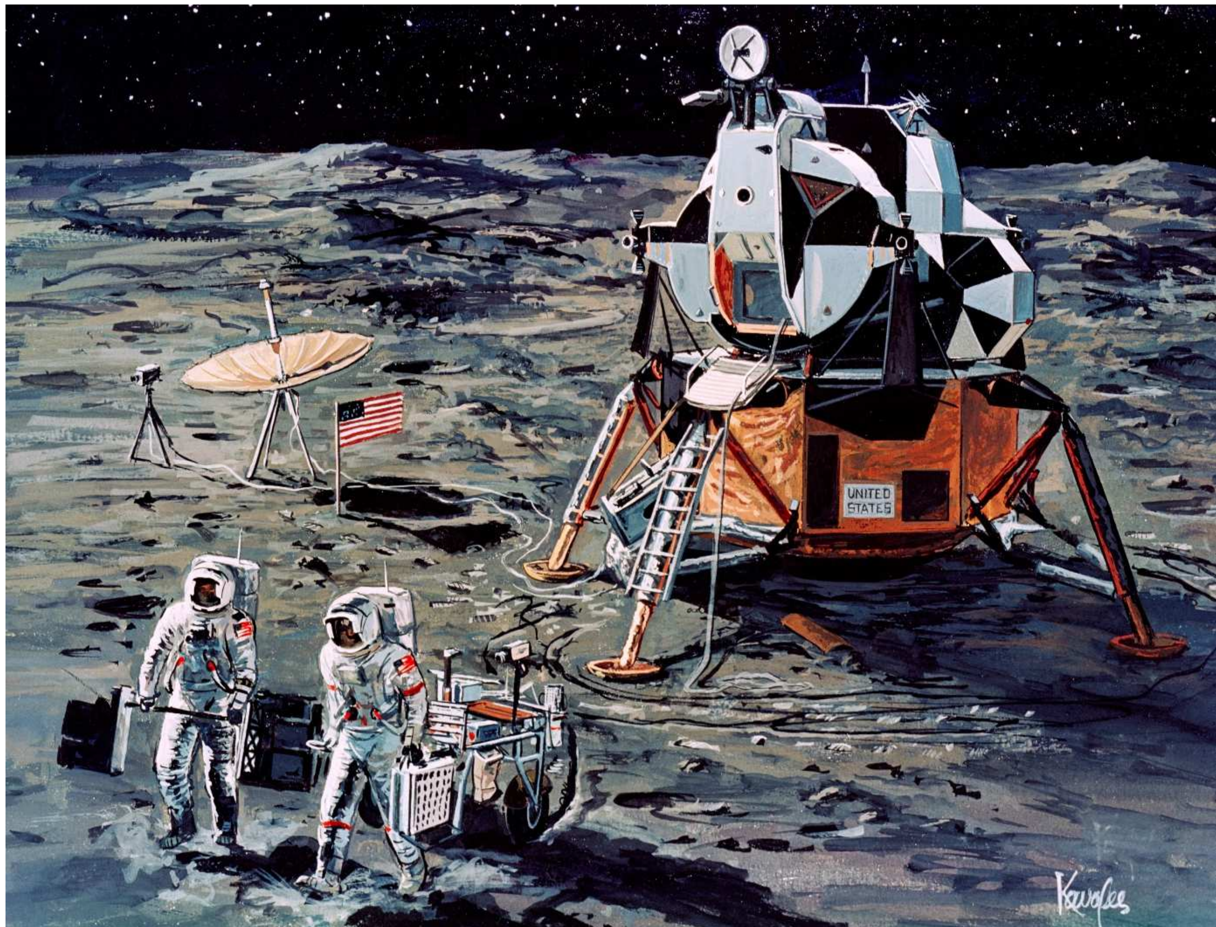
4.4 Mintagyűjtés a Holdon

Mivel az Artemis-programmal ellentétben a Főnix-program Holdnál végzett tesztjei kifejezetten a marsi küldetés főpróbái lennének, mind a gravitációs gyűrű, mind a leszállóegységek tekintetében, ezért a holdi tesztprogramban használt leszállóegységek megegyeznének a marsi küldetés leszállóegységeivel.



125. Az Apollo 14 parancsnoki és műszaki egység kering a Hold körül (Kredit: NASA)

A Hold körül geostacionárius pályán keringő gravitációs gyűrűről először két teljesen feltöltött hajtóanyag-komp landolna a landolásra kijelölt körzetben, az Artemis-programban tervezett Hold-bázis (Artemis Base Camp) helyszínének a közvetlen közelében. Ezeket követné egy Mars felderítő járműnek és egy óvóhely bázismodulnak a landolása, majd pedig ezek sikeres landolását követően két asztronautával a fedélzetén egy Mars-komp is landolna a Hold felszínén.



126. Az Apollo 14 legénysége a Hold felszínén (Művészi koncepció) (Kredit: Grumman Aerospace Corporation)

Mivel a Holdnak nincs légköre, így a holdi tesztprogramhoz használt Mars-komp átalakított lenne, a személyzeti modulja nem rendelkezne sem hővédőpajzzsal, sem szuperszonikus ejtőernyőkkel, mint ahogy a szervizmodulja sem rendelkezne a ledobható elsődleges hővédőpajzzsával, így a landolása során a fő LOX/LH2 rakétahajtóműveit azonnal be tudná gyújtani. Ugyanígy a légköri súrlódás hiányában a holdi tesztprogramban az óvóhely bázismodul, a felderítő jármű, és a két hajtóanyag-komp sem rendelkezne hővédőpajzzsal.

A Hold felszínére a Shackleton-kráterbe leérkezve a leszállóegységek az ATHLETE robotlábaikat a saját üzemanyagcelláikkal tudnák energiával ellátni, így a landolást követően a leszállóegységek távirányítással tudnának az Artemis-bázishoz átgurulni. Azáltal, hogy a Főnix-programban a Hold felszíni küldetés az Artemis-bázis közvetlen közelében kerülne végrehajtásra, bármilyen vészhelyzetben az asztronautáknak sokkal több lehetőségük lenne a problémák megoldására, és az Artemis-program eszközei szolgálhatnának a Főnix-program Hold felszíni küldetésének vészhelyzeti tartalékaiként.

Ahogy minden leszállóegység az Artemis-bázishoz ért, a Mars-komp személyzeti moduljának a rendkívül szűkös nyomás alatt lévő életterében az asztronauták felöltenék az xEMU szkafandereiket, majd a Mars-komp személyzeti moduljának a légtelenítését követően az annak oldalán lévő nagyméretű nyomásálló búvónyíláson keresztül egyenként elhagynák azt. Mivel a Mars-komp eredetileg négy asztronauta szállítására lenne tervezve, így a személyzeti modul két üres ülésére kerülhetnének elhelyezésre a jelentős helyigényű xEMU szkafanderek.

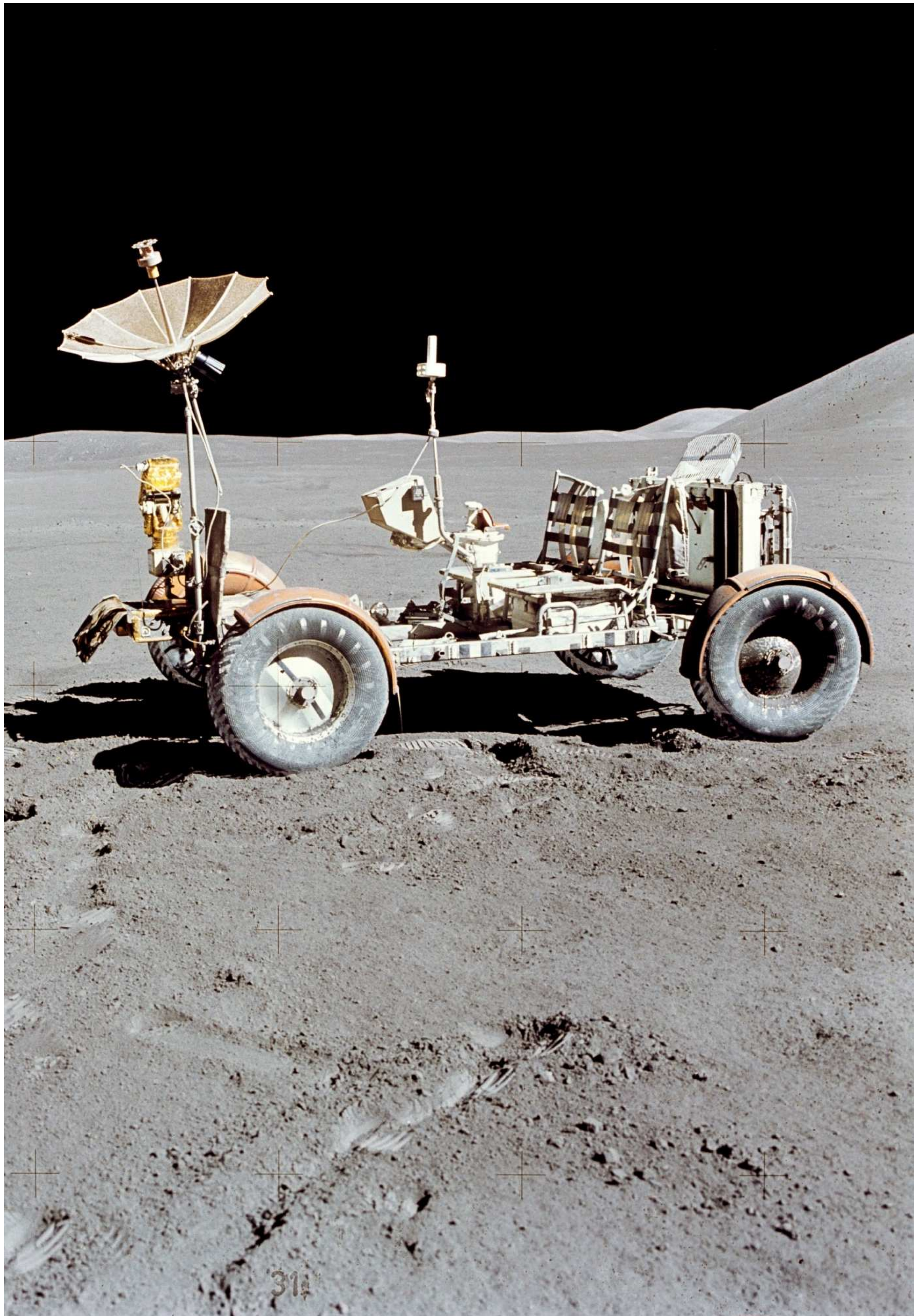
Az alatta elhelyezkedő szervizmodul miatt a Mars-komp személyzeti moduljának az oldalsó búvónyílása meglehetősen magasan helyezkedne el a Hold felszínétől, ezért az asztronauták a Hold felszínére való lejutáshoz a Mars-komp egyik bármilyen irányban elforgatható ATHLETE robotlábát használnák, aminek a végére ráállva az mozgatható rámpaként tudná levinni őket a felszínig.



127. A Blue Origin National Team leszállóegysége a Hold felszínén (Művészi koncepció) (Kredit: Blue Origin)

A Mars-komp személyzeti moduljának az egyik felszerelése egy teleszkópos létra lenne, amit az oldalsó búvónyílás kinyitását követően a közvetlenül mellette lévő külső burkolati elemre, két erre szolgáló csatlakozópontra lehetne rögzíteni, kapaszkodót is biztosítva az ATHLETE robotlábra ráálló asztronauta számára. Mivel a Holdon való landolásnál nincs légköri súrlódás, ezért a Mars felszíni küldetéstől eltérően ez a teleszkópos létra már a landolás előtt rögzítésre kerülne a Mars-komp oldalára.

A Mars-kompot az xEMU szkafandereikben elhagyva az asztronauták kioldanák a felderítő jármű és az óvóhely bázismodul külső burkolatán lévő rögzítőkapcsokat, és beindítanák a két leszállóegység légzsilipeket is tartalmazó fánk alakú másodlagos élettereinek a felfújását.

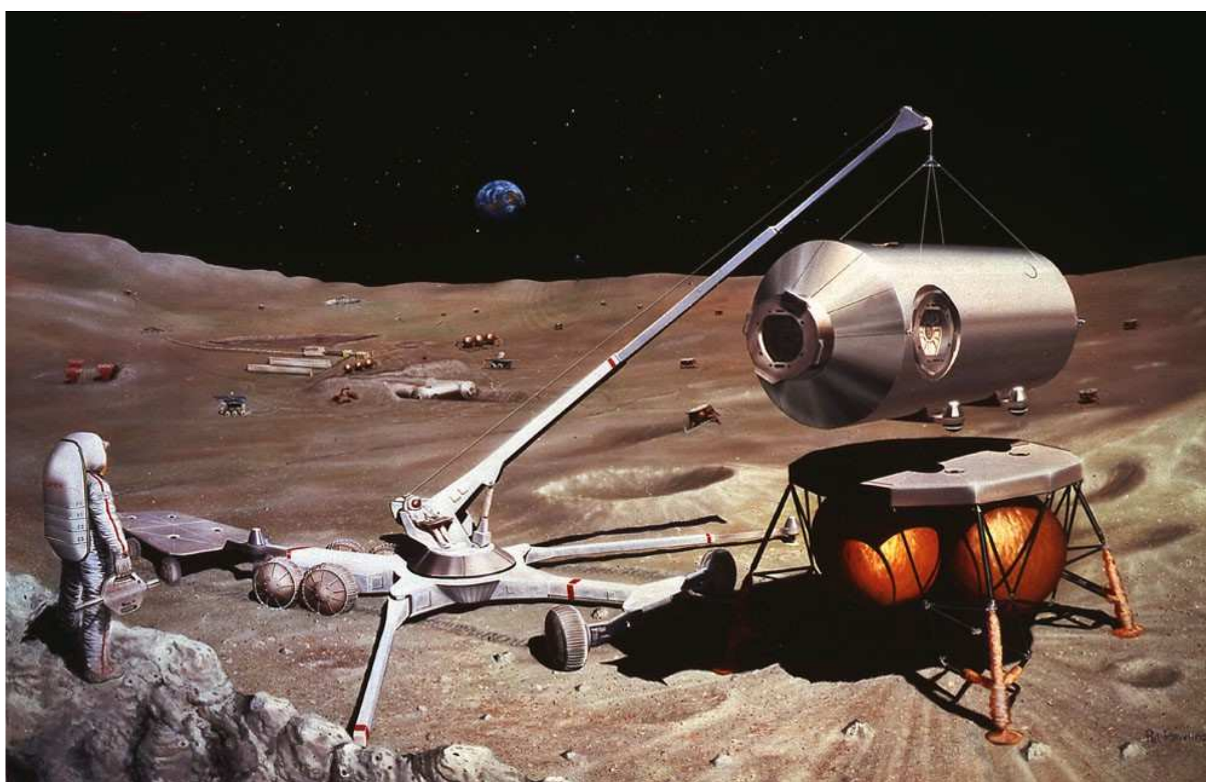


128. Holdjáró (Kredit: NASA)

Amint a másodlagos életterek felfújása megtörtént, a holdporral ekkora már jelentősen szennyezett szkafanderű asztronauták a felderítő járműbe szállnának be annak az xEMU szkafanderek számára szolgáló dokkolóegységein keresztül. Ezeknek az xEMU szkafander dokkolóegységeknek köszönhetően a felderítő járművet már a szélcsatornájának a beüzemelése előtt is birtokba tudnák venni az asztronauták.

Mivel a Mars felderítő jármű egyik alapképessége a kiépített bázisoktól való eltávolodás lehetősége lenne, ezért a felderítő jármű utasterében egy csak gravitációs környezetben működő kémiai WC is megtalálható lenne, így az asztronauták a felderítő jármű utasterét a feladataik folytatása előtt egy hosszabb pihenésre is fel tudnák használni.

Ezt követően az asztronauták a felderítő jármű utasteréből távirányítással a két hajtóanyag-kompot és a Mars-kompot azok ATHLETE robotlábai segítségével a rögzítő csomópontjaiknak megfelelően precízen egy szintbe állítanák, majd a Mars-kompra rácsatlakoztatnák a két hajtóanyag-kompot, előkészítve azokat egy esetleges vészhelyzetben való bármikori felszálláshoz.



129. Holddaru (Művészi koncepció) (Kredit: Pat Rawlings)

A Marsról való felszálláshoz a teljesen feltöltött Mars-kompot két szintén teljesen feltöltött hajtóanyag-komp segítené, de mivel a Hold gravitációja csak körülbelül a földi hatoda, és légköri súrlódással sem kell számolni a felemelkedés során, ezért a marsi küldetéstől eltérően a Hold felszíni küldetésben csak az a két hajtóanyag-komp venne részt, amelyek a Mars-komp felszállásában is segédkezne.

Ugyanakkor, mivel a Mars felszínére való landoláshoz képest a kisebb gravitációnak köszönhetően a holdraszállás sokkal kevesebb rakéta-hajtóanyagot igényel, és ezáltal a felderítő járműben és az óvóhely bázismodulban is jelentős mennyiségű LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag maradna meg a landolást

követően, így a felszállás előtt a Mars-komp és a hozzá csatlakoztatott két hajtóanyag-komp is majdnem teljesen feltölthető lenne annak ellenére, hogy további hajtóanyag-kompok nem érkeznének a Hold felszínére.

A folyékony hidrogénnek és a folyékony oxigénnek a felderítő járműből és az óvóhely bázismodulból a hajtóanyag-kompokba és a Mars-kompba való átszivattyúzásához az asztronauták a felderítő jármű xEMU szkafander dokkolóegységein keresztül egy újabb űrsétát téve az erre szolgáló rugalmas többcélú töltőkábelekkel az erőforrás-elosztó csatlakozóikon keresztül összekötnék egymással a leszállóegységeket. Ezek az egyenként legalább húsz méter hosszú rugalmas töltőkábelek a nagy helyigényük miatt a felderítő jármű szerszám- és eszköztároló helyiségében lennének tárolva, amikhez így az asztronauták a felderítő jármű másodlagos életterének a felfújását követően azonnal hozzáférhetnének.



130. Hold expedíció (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Miután a felderítő jármű és az óvóhely bázismodul kriogén rakéta-hajtóanyag tartályai kiürültek, lehetővé téve a folyékony hidrogén tartályaiknak az elsődleges élettérként való hasznosítását, az asztronauták meg tudnák kezdeni a két leszállóegység berendezését az azok másodlagos élettereiben lévő előre összecsomagolt felszerelésnek a kibontásával és ellenőrzésével. Ehhez a felderítő jármű egyik légzsilipjével az asztronauták rácsatlakoznának az óvóhely bázismodul egyik légzsilipjére, kialakítva egy kisméretű Hold-bázist.

Mivel a felderítő jármű és az óvóhely bázismodul a kriogén tartályaik kiürítését követően már nem tudnának az üzemanyagcelláikkal energiát termelni, ezért az asztronauták az óvóhely bázismodult egy elektromos kábellel rákötnék a legfeljebb néhány tucat méterre lévő Artemis-bázisra, lehetővé téve, hogy az Artemis-bázis napelemtáblái biztosíthassák a leszállóegységek elsődleges energiaellátását.



131. Buzz Aldrin Apollo 11 asztronauta a Sas holdkompnál a Nyugalom bázison (Kredit: NASA)

A tartalék energiaellátást a hajtóanyag-kompok üzemanyagcellái biztosítanák, de egy esetleges vészhelyzetre való felkészülés érdekében az óvóhely bázismodulban összecsomagolt felszerelés között lenne néhány kihajtható napelemtábla is, amiket az asztronauták egy a helyben összeállítható egyszerű csővázas szerkezetre ráerősítve, mint egy vitorlát tudnának ráerősíteni az óvóhely bázismodul oldalára. Ezek a napelemtáblák méretükben és teljesítményükben túl kicsik lennének ahhoz, hogy az összes leszállóegységnek az energiaellátását biztosíthassák, így a szerepük kizárólag csak egy minimális szintű vészhelyzeti energiaellátásra korlátozódna.



132. Tevékenységek egy Holdbázison (Művészi koncepció) (Kredit: ESA)

Az óvóhely bázismodul szerepe a Főnix-programban a kozmikus sugárzással és a napkitörések töltött részecskéivel szembeni lehető legbiztonságosabb pihenőhely biztosítása lenne, mind a Hold, mind a Mars felszínén. Ennek érdekében a berendezése során az elsődleges élettereként szolgáló kriogén tartályába összeszerelésre kerülne egy azt szinte teljesen kitöltő polcrendszer, ami csak egy keskeny folyosót hagyna a kriogén tartály kétoldali nyomásálló ajtajai között.

Ennek a polcrendszernek a szerkezete lehetővé tenné, hogy mindegyik asztronauta számára kialakítható legyen egy-egy függönnyel elszeparálható alvóhely, a polcrendszer minden további négyzetcentimétere pedig raktárként szolgálna az ivóvíz, az élelmiszer, a ruházati és más felszerelések, illetve a különböző eszközök tárolása számára.

Így a pihenő asztronautákat a kozmikus sugárzással szemben nemcsak az óvóhely bázismodul külső burkolata, hanem az elsődleges élettérnek használt kriogén tartálynak a burkolata és az abban tárolt nagy mennyiségű felszerelés is védené, ami utóbbi egyben azt is lehetővé tenné, hogy egy nagyon erős napkitörés esetén akár hosszabb időt is ebben a viszonylag biztonságos kriogén tartályban tölthessenek el az asztronauták, az itt tárolt készleteket felhasználva.

Az óvóhely bázismodul légzsilipeket is tartalmazó fánk alakúra felfújt másodlagos életterében megtalálható lenne egy kizárólag csak gravitációs környezetben működő mosdóhelyiség is a hozzá tartozó vízvisszaforgató berendezéssel együtt, aminek a víztartálya pedig az óvóhely bázismodulban lévő elsődleges élettérként szolgáló kriogén tartály fölé lenne beépítve, egy újabb sugárzáselnyelő réteget biztosítva a pihenő asztronauták sugárzásterhelésének a csökkentéséhez.

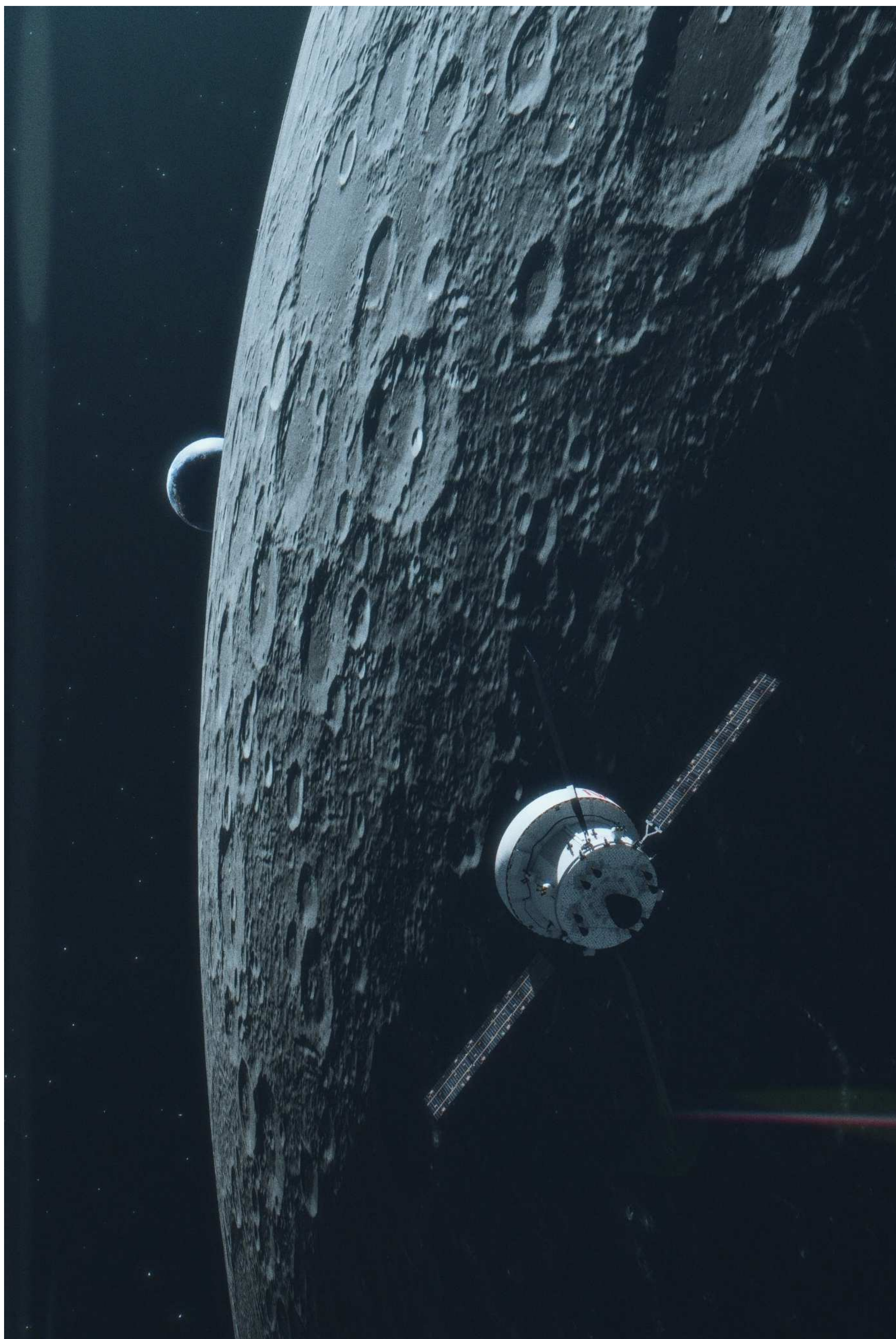


133. Eugene Cernan Apollo 17 asztronauta vezeti a Holdjárót (Kredit: NASA)

A Hold felszíni küldetés során az óvóhely bázismodul és a felderítő jármű időközben már kiürített folyékony oxigén tartályai nagy kapacitású vészhelyzeti levegőtartályokként szolgálnának az asztronauták számára, mert a Mars felszíni küldetéssel ellentétben a Holdon nem állna rendelkezésre a folyamatos oxigénellátás a nukleáris ellátómodulnak és az által a légkörből termelhető oxigénnek a hiányában.

Mivel a Holdon nincs légkör, így a felderítő jármű szélcsatornája is csak ezzel a vészhelyzeti levegőtartalékkal lenne működtethető, épp ezért a Hold felszíni küldetés során az asztronauták minimalizálnák a pormentesítésre szolgáló szélcsatornának a használatát, lehetőség szerint szinte minden EVA-hoz az xEMU szkafander dokkolóegységeket igénybe véve.

Bár a holdi talaj nagymennyiségben tartalmaz oxigént, amit a holdpor hevítésével ki lehetne nyerni belőle, de a Főnix-program Hold felszíni küldetése a Hold felszínét érő rendkívül erős kozmikus sugárzás miatt legfeljebb csak néhány napos időtartamú lenne, így az asztronauták a levegőellátás tekintetében is csak a magukkal vitt készleteikkel rendelkeznének.



134. Az Orion űrhajó repül a Hold felett (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

A felderítő jármű és az óvóhely bázismodul berendezését követően az asztronauták megkezdenék a tudományos feladatokat, ami elsősorban a Hold felszínéből való mintavételeket jelentené. A felderítő jármű nagy kapacitású akkumulátorai segítségével az asztronauták néhány kilométeres távolságban be tudnák járni a leszállóegységek közvetlen környezetét, akár tucatnyi különböző helyszínről is mintákat véve.

Mivel a Főnix-program Hold felszíni küldetése az Artemis-bázisnál kerülne végrehajtásra, így a környező területek addigra már többször is bejártak lennének, ezért a tudományos feladatok végrehajtása is inkább csak a Mars felszíni küldetés felszereléseinek és eszközeinek az élesben való tesztelésére szolgálna, és nem pedig érdemi kutatómunkára.



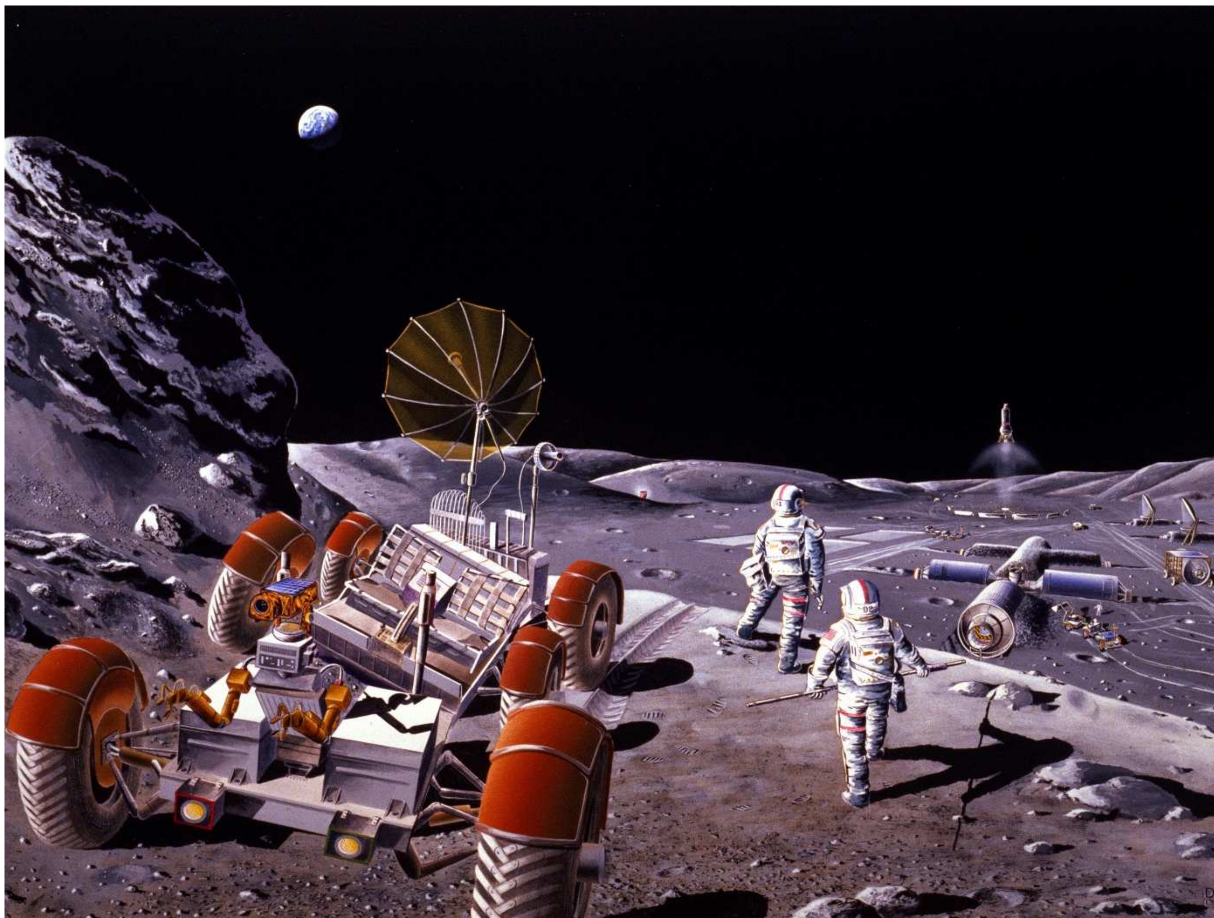
135. Harrison H. Schmitt Apollo 17 asztronauta holdmintát gyűjt (Kredit: NASA)

A Hold felszínéről való felszállás előtt az asztronauták szétkapcsolnák a rugalmas töltőkábelekkel az erőforrás-elosztó csatlakozóikon keresztül hálózatba kapcsolt leszállóegységeket, majd ezt követően a Mars-kompot és az annak a rögzítő csomópontjaira rácsatlakoztatott két hajtóanyag-kompot távirányítással közvetlenül a felderítő jármű szélcsatornájának egyik légzsilipjéhez vezetnék.

Mivel a Mars-komphoz képest a többi leszállóegység fordított kúp alakú lenne, ezáltal a Mars-komp a személyzeti moduljának az oldalsó búvónyílásával akár néhány centiméternyire is meg tudná közelíteni a felderítő jármű használni kívánt légzsilipjét, és mivel az ATHLETE robotlábaknak köszönhetően a leszállóegységek magassága is precízen beállítható, így lehetővé tehető lenne, hogy

az asztronauták az xEMU szkafandereik teljes pormentesítését követően a felderítő jármű légzsilipjéből a holdi talaj érintése nélkül közvetlenül szállhassanak át a Mars-komp személyzeti moduljába, anélkül, hogy az egészségükre veszélyes holdpor kerüljön a szkafandereikre, amitől a Mars-kompban már nem tudnának megszabadulni.

Annak érdekében, hogy a Hold felszínéről való felszállás során a rakétahajtóművek begyújtása következtében ne kerüljön holdpor az óvóhely bázismodul illetve az Artemis-bázis napelemtábláira, az asztronauták a Mars-kompot és a két hozzá csatlakoztatott hajtóanyag-kompot azok üzemanyagcelláinak a segítségével először több kilométernyire arrébb vezetnék. A felszállás során mindhárom leszállóegységnek a fő rakétahajtóművei használva lennének, amiket a Mars-komp személyzeti moduljából közvetlenül tudnának vezérelni az asztronauták.



136. Hold-kolónia holdjáróval (Művészi koncepció) (Kredit: Dennis Davidson)

Az Artemis-bázis fölött geostacionárius pályán várakozó gravitációs gyűrűt elérve a Mars-komp a két hajtóanyag-komppal továbbra is összekapcsolódva bedokkolna a gravitációs gyűrű létfenntartó űrállomásmoduljának a dokkolóegységébe, amin keresztül a Hold felszínéről érkezett asztronauták a gravitációs gyűrű lakómoduljába tudnának átjutni. A pihenést követően egy űrsétával a hajtóanyag-kompok a burkolataikon lévő erőforrás-elosztó csatlakozóikon keresztül ismét összeköttetésre kerülnének a Mars-komppal, így a létfenntartó űrállomásmodul dokkolóegységén keresztül mind a Mars-komp, mind a két hajtóanyag-komp újra teljesen feltölthető lenne folyékony hidrogénnel és folyékony oxigénnel.

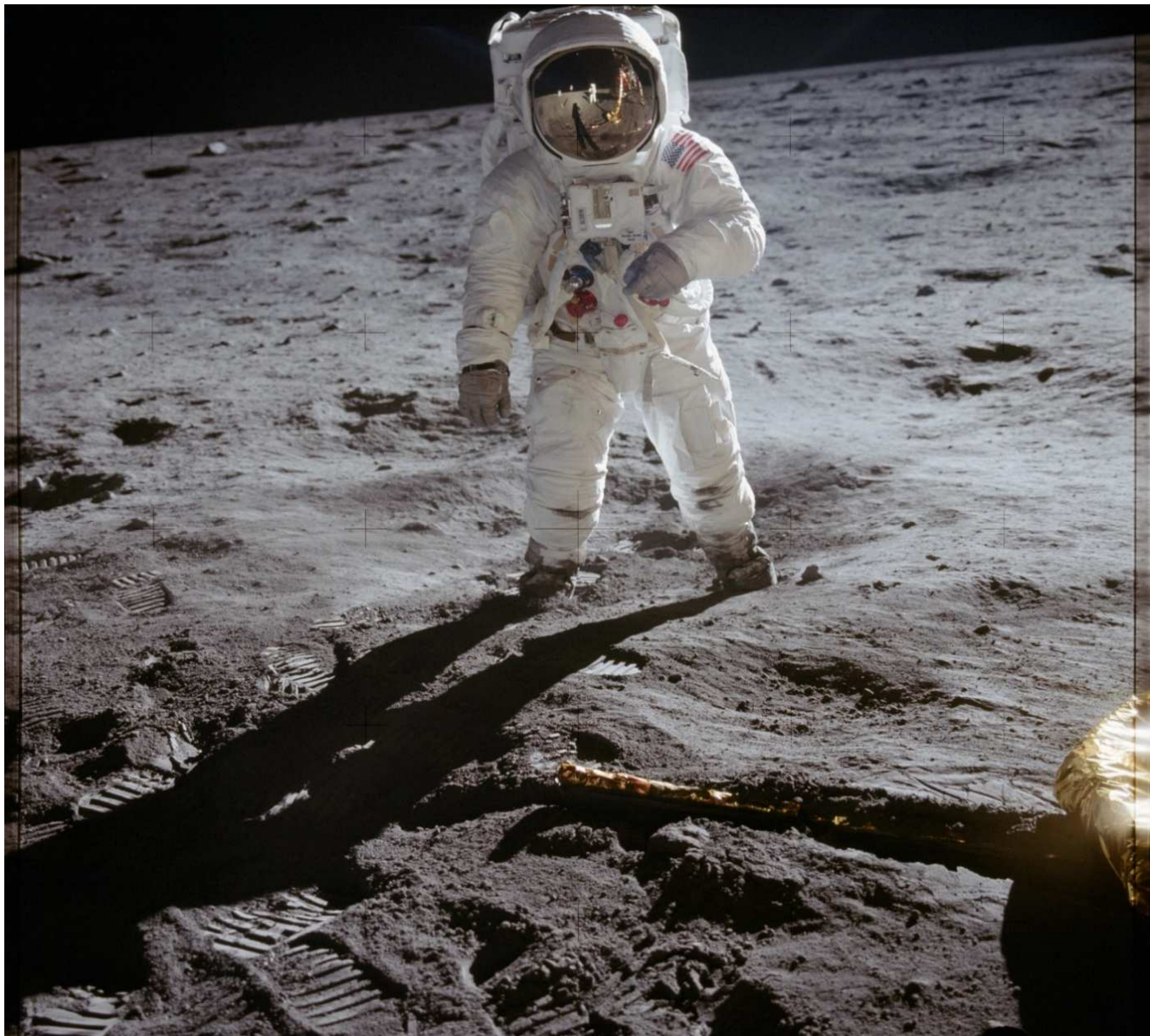


137. Harrison H. Schmitt Apollo 17 asztronauta egy hatalmas sziklánál a Taurus-Littrow-völgy közelében (Kredit: NASA)

Ezután a Mars-komp és a két hajtóanyag-komp távirányítással újra landolna a Hold felszínén, ezúttal azonban nem külön-külön, hanem a rögzítő csomópontjaikon keresztül egymással továbbra is összekapcsolódva. A landolást követően az ATHLETE robotlábaikat az üzemanyagcelláikkal ellátva energiával a Hold felszínének egy olyan pontjára gurulnának át, ami bár az Artemis-bázis közelében van, de például egy kráterfalnak köszönhetően folyamatosan árnyékban is van, lehetővé téve, hogy a landolásból megmaradt LOX/LH2 rakétahajtó-anyagukat a hajtóanyag-kompok hűtőrendszereinek a használata nélkül is bármeddig cseppfolyós halmazállapotban tarthassák.

A Mars-kompban lévő radioizotópos termoelektromos generátor elég energiát tudna biztosítani a Mars-komp kommunikációs és vezérlő rendszereinek az energiatakarékos, de folyamatos működtetéséhez, és elég hőenergiát az érzékeny elektronikus berendezéseinek az állandó optimális hőmérsékleten való tartásához, így a három egymáshoz csatlakoztatott leszállóegység az árnyékban leparkolva is folyamatos készenlétben tudna várakozni, vészhelyzeti tartalékként szolgálva minden későbbi esetleges Hold felszíni küldetés számára.

A Hold felszíni küldetés végrehajtását követően marsi küldetésre való felkészüléshez a Hold körüli pályáról a gravitációs gyűrű az asztronautákkal visszatérne az alacsony Föld körüli pályára.

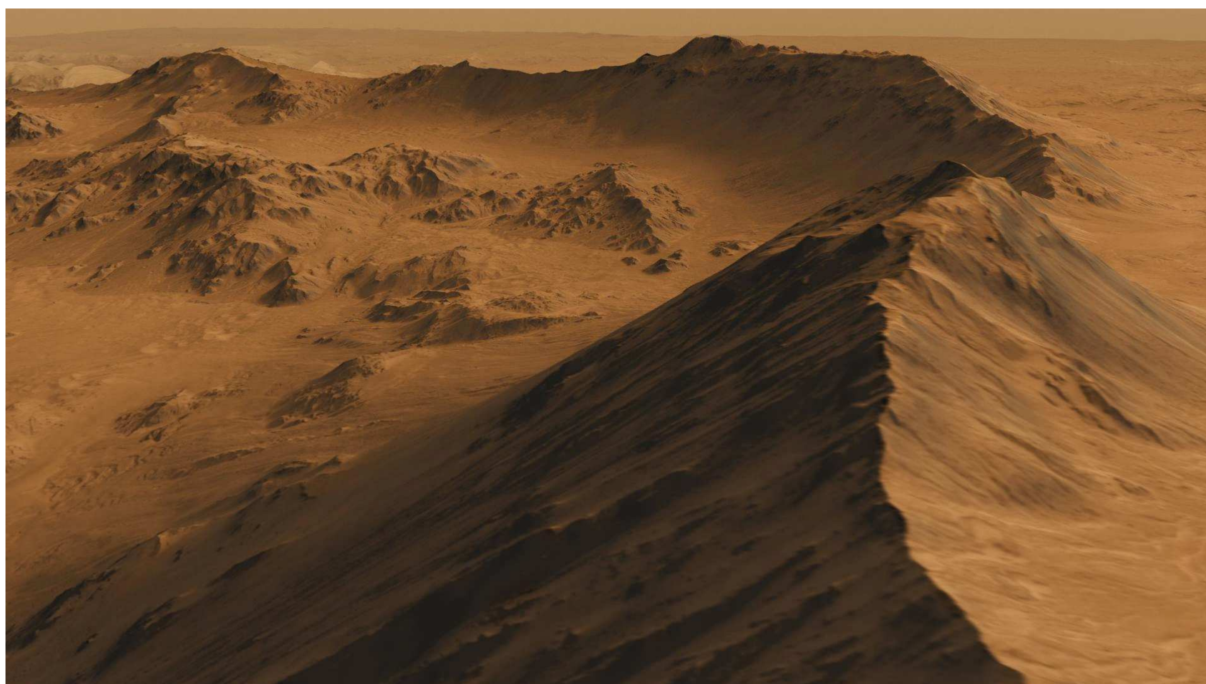


138. Buzz Aldrin Apollo 11 asztronauta sétál a Hold felszínén (Kredit: NASA)

5. Fejezet: Irány a Mars!

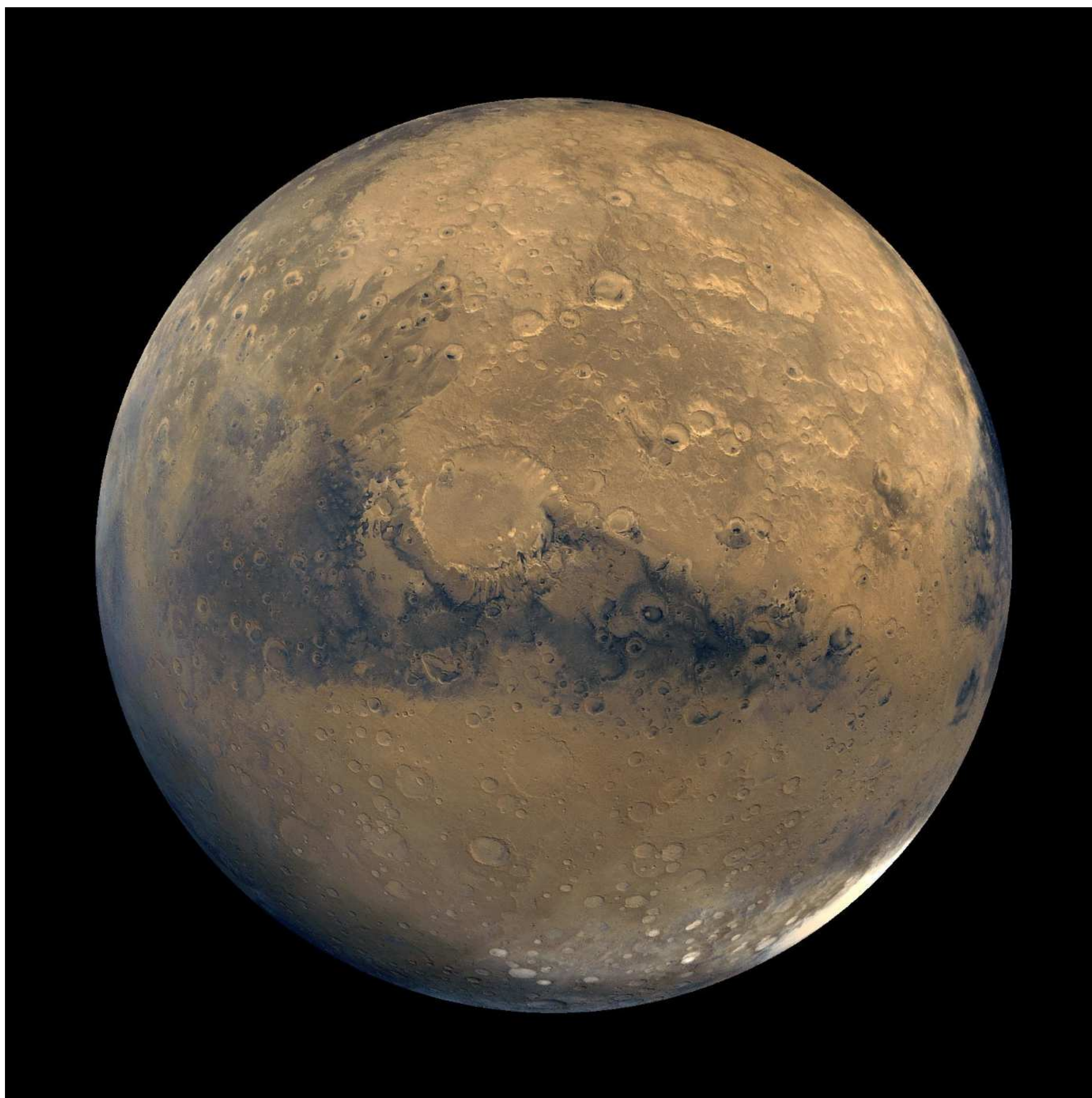
Mivel a Főnix-program marsi küldetése az alacsony Föld körüli pályáról indulna, ahol a Föld mágneses tere viszonylagos védelmet nyújt a kozmikus sugárzással szemben, legyen szó az asztronautákról, akik a marsi küldetésre való felkészülés során megszámlálhatatlanul sok űrsétát téve a gravitációs gyűrű építésén túl többek közt több száz tonnányi LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagot szivattyúznának át a folyamatosan érkező hajtóanyag-szállító űrrepülőgépekből, vagy magáról a gravitációs gyűrűről és az ahhoz tartozó űrállomásmodulokról, amik a mélyűrben a folyamatos kozmikus sugárzás hatására idővel maguk is sugárzóvá válnának, ezért egyáltalán nem jelenthet problémát, ha a holdi tesztprogramot követően még évek telnének el a Marsra való elindulásig.

Azáltal, hogy az alacsony Föld körüli pályán történő felkészülés ideje alatt a gravitációs gyűrű gyakorlatilag egy új Nemzetközi Űrállomásként szolgálna, elsősorban annak korábbi űrállomásmoduljainak a segítségével platformot biztosítva a növénytermesztéstől az anyagkutatásokig a legkülönfélébb tudományos kutatóprogramoknak, és persze az egyre jelentősebbé váló űrturizmusnak is, így a gravitációs gyűrű képességeinek az addig is szinte teljes mértékben való kihasználhatósága miatt a marsi küldetés optimális indulási időpontja is sokkal szabadabban lenne kiválasztható.



139. Hegyvidéki kráter pereme a Marson (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

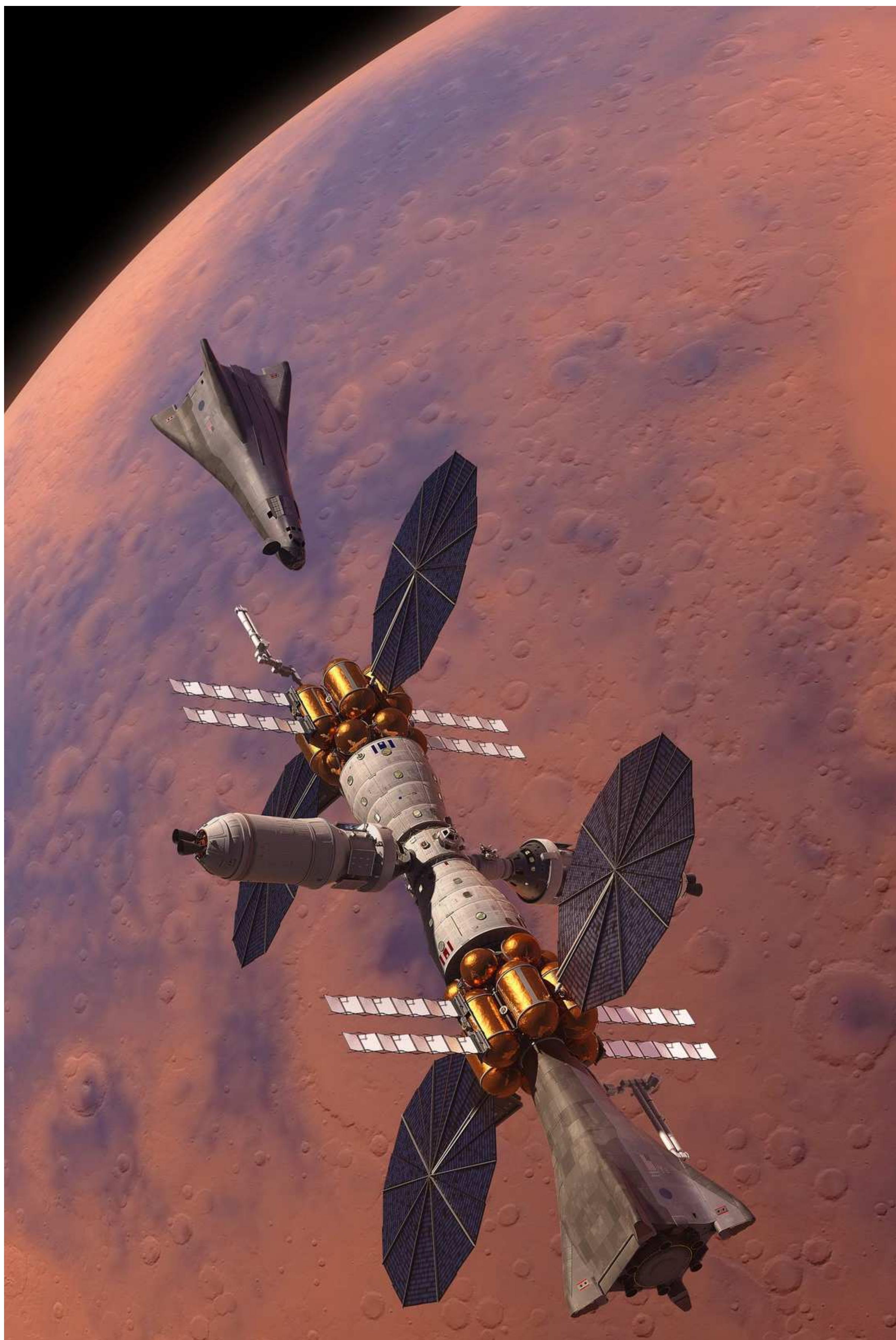
Ezáltal lehetővé válna, hogy az indulás időpontja ne csak a Föld és a Mars közötti optimális távolság alapján kerüljön kiválasztásra, hanem a naptevékenység maximuma alapján is, amikor a távoli galaxisokból érkező nagy energiájú részecskék egy részét a naptevékenység eltéríti, csökkentve az asztronauták sugárzásterhelését. Így a Mars felé a lehető legenergiatakarékosabb Hohmann transzfer pályán mehetnének az asztronauták, még ha az utazás ezáltal közel kilenc hónapig is tartana, az egyébként bőségesen rendelkezésre álló LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagot pedig az esetleges vészhelyzetekre illetve a Földre való visszatéréshez tartalékolva.



140. A vörös bolygó (Kredit: NASA)

Bár a gravitációs gyűrű forgási sebessége már a holdi tesztprogram során is a marsi gravitáció szimulálásához lenne beállítva, azáltal, hogy az alacsony Föld körüli pályára visszatérve még hosszú évek telhetnek el a marsi küldetésre való felkészüléssel, a NASA-nak is lehetősége lenne a Kelly-testvérekkel végzett ikerkísérletének a megismétlésére, csak immár az emberi szervezetnek a marsi gravitációhoz való alkalmazkodási képességére kihegyezve a kutatási programot, ami kulcsfontosságú egészségügyi adatokat tudna biztosítani már azelőtt, hogy a marsi küldetésre kiválasztott hat asztronauta egyáltalán elindulna a Mars felé.

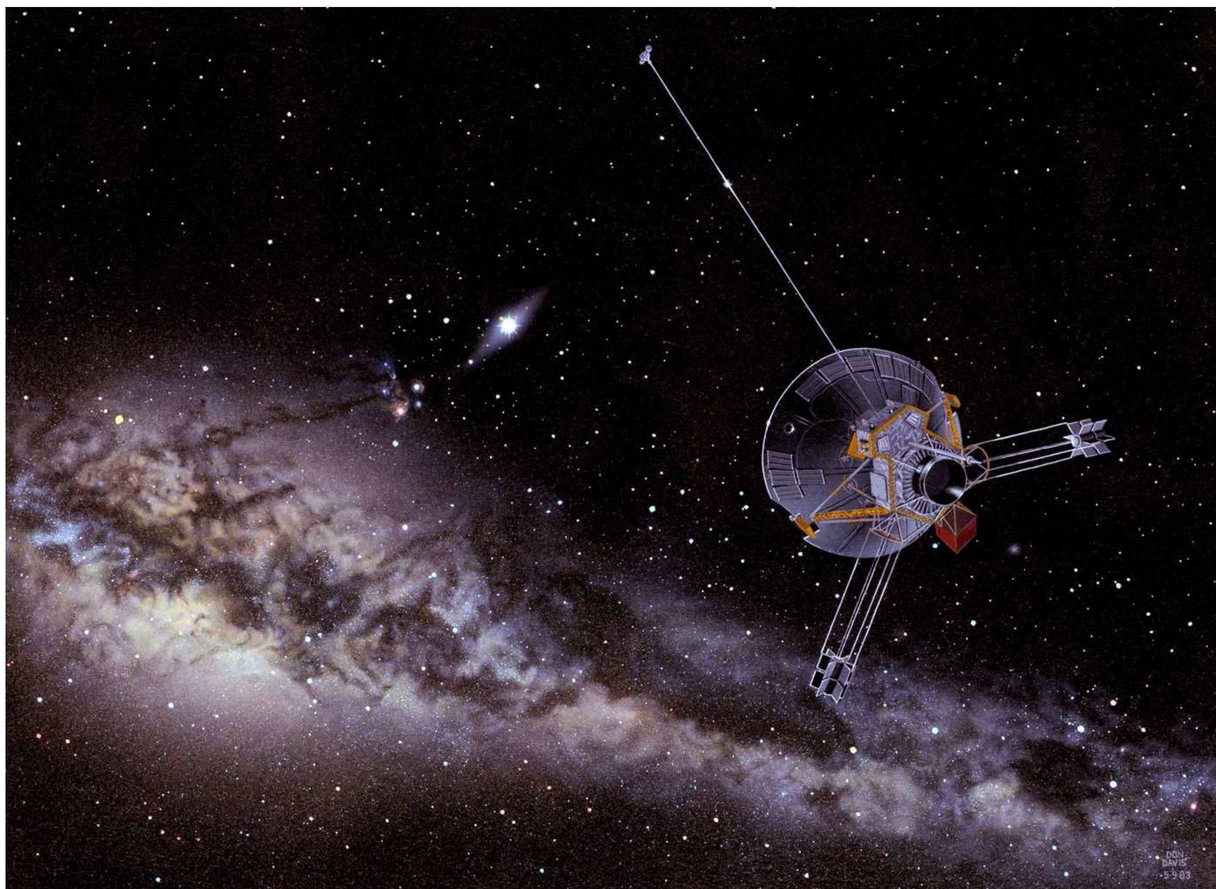
Miután a marsi küldetésre való felkészülés befejeződött, minden szükséges űrállomásmodul, űrhajó, leszállóegység, eszköz és felszerelés a gravitációs gyűrűbe beépített vagy ahhoz hozzácsatlakoztatott, az optimális indulási időpontban a marsi küldetés asztronautái a gravitációs gyűrűvel elindulnának a Mars felé, az NTP hajtóműmodult használva a pályamódosításhoz.



141. Lockheed Martin Mars Base Camp (Művészi koncepció) (Kredit: Lockheed Martin)

Lévén az asztronauták számára a mélyűrben csak a gravitációs gyűrű lakómodulja lenne eléggé védett a mikrometeoritokkal, illetve a kozmikus sugárzással és a napkitörésekkel szemben, így a gravitációs gyűrű nagy mérete ellenére az asztronauták élettere nagyon korlátozott lenne az akár kétéves időtartamú marsi küldetés során. Ebből kifolyólag az asztronautáknak nem lenne lehetőségük különböző tudományos kutatásokkal eltölteni a mélyűri utazás unalmas hónapjait, mert a pihenésen és a rendszeres sportoláson túl a szűkös életterük másra nem adna lehetőséget.

A tétlenségre kárhoztatáson túl még jelentős probléma, hogy a földi felkészítés és a tényleges Mars felszíni küldetés megkezdése közötti kilenc hónapnyi különbség túl hosszú időtartam ahhoz, hogy a küldetés feladatainak a földi felkészítés során történő végletekig való begyakoroltatása megmaradjon berögződésként, rengeteg felejtésre és így hibázásra adva lehetőséget, ráadásul az Apollo 13 esetével ellentétben a kommunikációban lévő sokperces csúszás miatt a földi küldetésirányítás támogatási lehetőségei is csak sokkal korlátozottabbak lesznek.



142. A Pioneer 10 maga mögött hagyja a bolygókat (Művészi koncepció) (Kredit: Don Davis)

Ezért a Főnix-program része lenne egy szimulátor program kifejlesztése is, ami lehetővé tenné a teljes marsi küldetés minden apró részletének a folyamatos számítógépes szimulációs gyakorlatoztatását, a műszaki kiszolgáló űrhajó és a leszállóegységek irányításától a legkülönfélébb vészhelyzeti forgatókönyveken át a Mars-bázis kiépítéséig. Az asztronauták ezen szimulátor program segítségével folyamatosan frissen tudnák tartani a tudásukat, hogy amikor a Marshoz érve már valóban szükségük lenne rá, akkor hiba nélkül tudják végrehajtani a rendkívül összetett feladataikat, illetve hogy az esetleges vészhelyzetekben képesek legyenek az adott vészhelyzetekre kidolgozott protokollok alapján habozás nélkül cselekedni.

5.1 Nem küldetéskritikus tartalékok

Mivel a Főnix-programban csak hat asztronauta indulna a Marshoz, ami elenyésző legénységi létszám a marsi küldetéshez rendelkezésre álló űrállomásmodulok, űrhajók, eszközök, különféle felszerelések, illetve mindezek tartalékai tekintetében, így az űrhajósok mindennapos fogyasztása a belélegzett oxigéntől az elfogyasztott élelmiszerekig gond nélkül biztosítható, lévén a hat asztronauta változatos és bőséges étrend mellett sem tudna több tíz tonna élelmiszert elfogyasztani még az akár kétéves időtartamú marsi küldetés alatt sem.

A nehézséget inkább az jelenti, hogy minél hosszabb egy mélyűri küldetés, annál nehezebb olyan élelmiszert biztosítani rá, amelynek valóban frissnek ható és természetes íze van, miközben kalóriában és vitaminokban is egyaránt gazdag. Az élelmiszer minősége pedig nagyon lényeges az asztronauták egészségének illetve moráljának a magas szinten tartásához, különösen egy hosszú és veszélyes marsi küldetés során, azonban a gravitációs gyűrűnek a mikrometeoritokkal illetve a kozmikus sugárzással szembeni védettséget nyújtó lakómodulja a szűkössége miatt egyáltalán nem lenne alkalmas a növénytermesztésre.



143. Ingenuity helikopter a Marson (Kredit: NASA)

Így bár a Földtől a Marsig tartó közel kilenc hónapos utazásuk során az asztronautáknak még viszonylag finom és tápláló étrendjük lehet, de a Mars felszínén illetve a teljes visszaúton az asztronauták már csak a tartósítószerekkel teletömött és szinte bármeddig eltartható instant élelmiszereket tudnák fogyasztani.

A Mars meghódításának az egyik legfontosabb kérdése a Marson való növénytermesztés lehetősége, amire a perklorátokkal szennyezett mérgező marsi talaj jelenleg egyáltalán nem tűnik alkalmasnak, azonban a Mars felszínére érkező asztronauták az ott töltött hetek vagy akár hónapok alatt az aeropónia bázismodulban a marsi talaj használata nélkül is tudnának friss zöldségeket termeszteni.



144. Sziklák a Marson (Kredit: NASA)



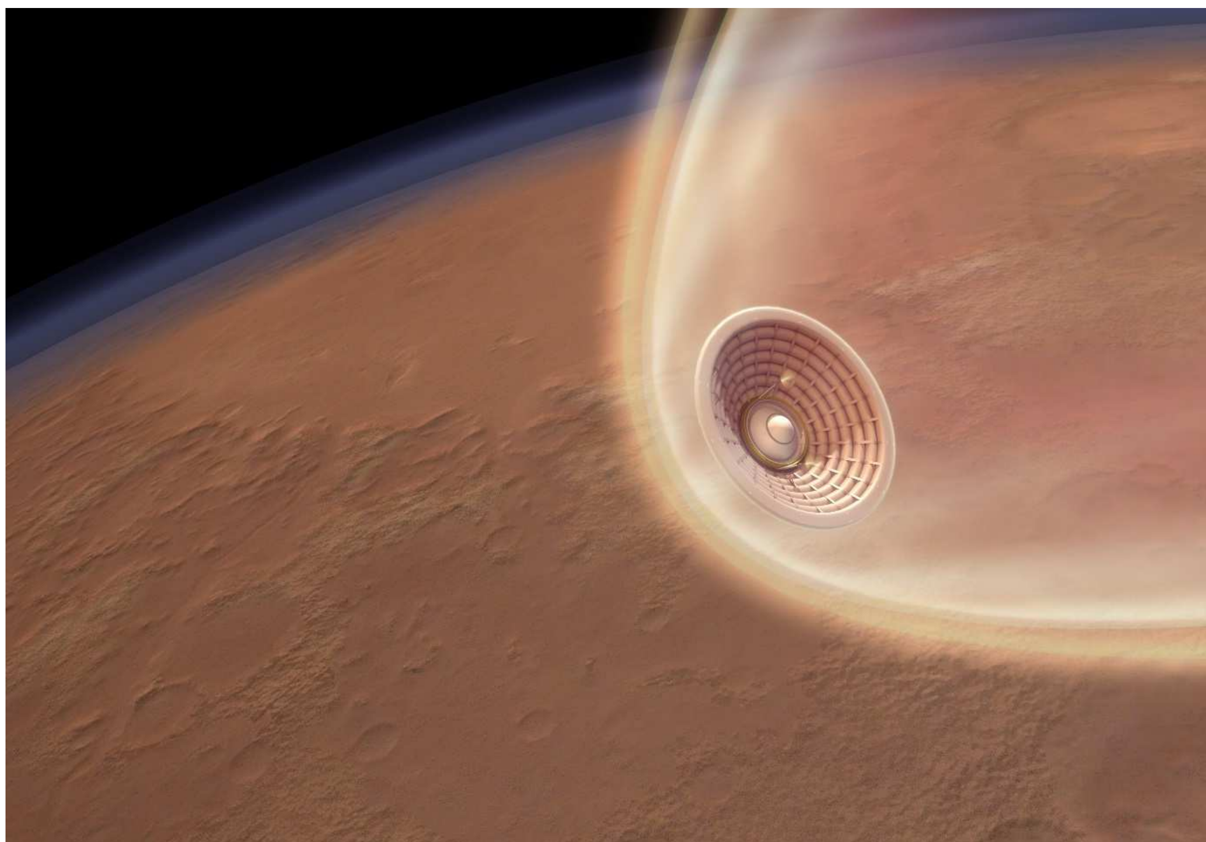
145. Marsi élelmiszertermelés (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

A tápanyagot a növények gyökerére permetként juttató aeropónia előnye, hogy egy egyszerű szerkezetű polcrendszerben is elhelyezhetők a termesztett növények, így az asztronauták az aeropónia bázismodul szinte minden köbcentiméterét felhasználhatnák a zöldségtermesztésre, amit aztán a Marsról való felszálláskor szárítva magukkal is tudnának vinni a gravitációs gyűrűre.

Ugyanakkor a tudományos kutatásokon túli célú növénytermesztés nagyon erőforrás-igényes, a Marsról való felszállásnál pedig elsősorban a kőzetmintáknak lenne fenntartva a Mars-kompok hasznos teher kapacitása, így mivel a marsi zöldségtermesztés nem lenne kritikus a marsi küldetés sikeressége szempontjából, ezért ez a Főnix-programban sem lenne prioritás.

Ugyanezen elv mentén, a zöldségtermesztéshez felhasználható tápanyagokon kívül még sok olyan alapanyag illetve termék van, amik esetében már egy minimális mennyiség is elegendő a Mars felszíni küldetés sikeréhez, de ugyanakkor amiknél a nagyobb mennyiség rendelkezésre állása leegyszerűsítheti az asztronauták hétköznapjait, vagy egyszerűen csak javíthatja a közérzetüket és a moráljukat.

Ezért a gravitációs gyűrűnek a Marsra való elindulásával párhuzamosan egy vagy több egyedi kialakítású leszállóegység is a Marsra indulna, megtöltve nem küldetéskritikus tartalékokkal. Ezek a SpaceX Falcon Heavy hordozórakétákkal egyből marsi pályára juttatott egyedi leszállóegységek nem rendelkeznének sem leszállótalpakkal, sem olyan rakétahajtóművekkel, amik a Mars felszínén való rakétahajtóműves fékezéssel történő landoláshoz szükségesek. Ehelyett ezek az egyedi leszállóegységek csak szuperszonikus ejtőernyőkkel és a saját méretükhöz képest többszörös átmérőjűre felfújható NASA HIAD hővédőpajzsokkal rendelkeznének, így a Mars felszínének az elérése előtt csak aerodinamiai lassítást végeznének, egészen a közel 200 km/h-s sebességgel való becsapódásukig.

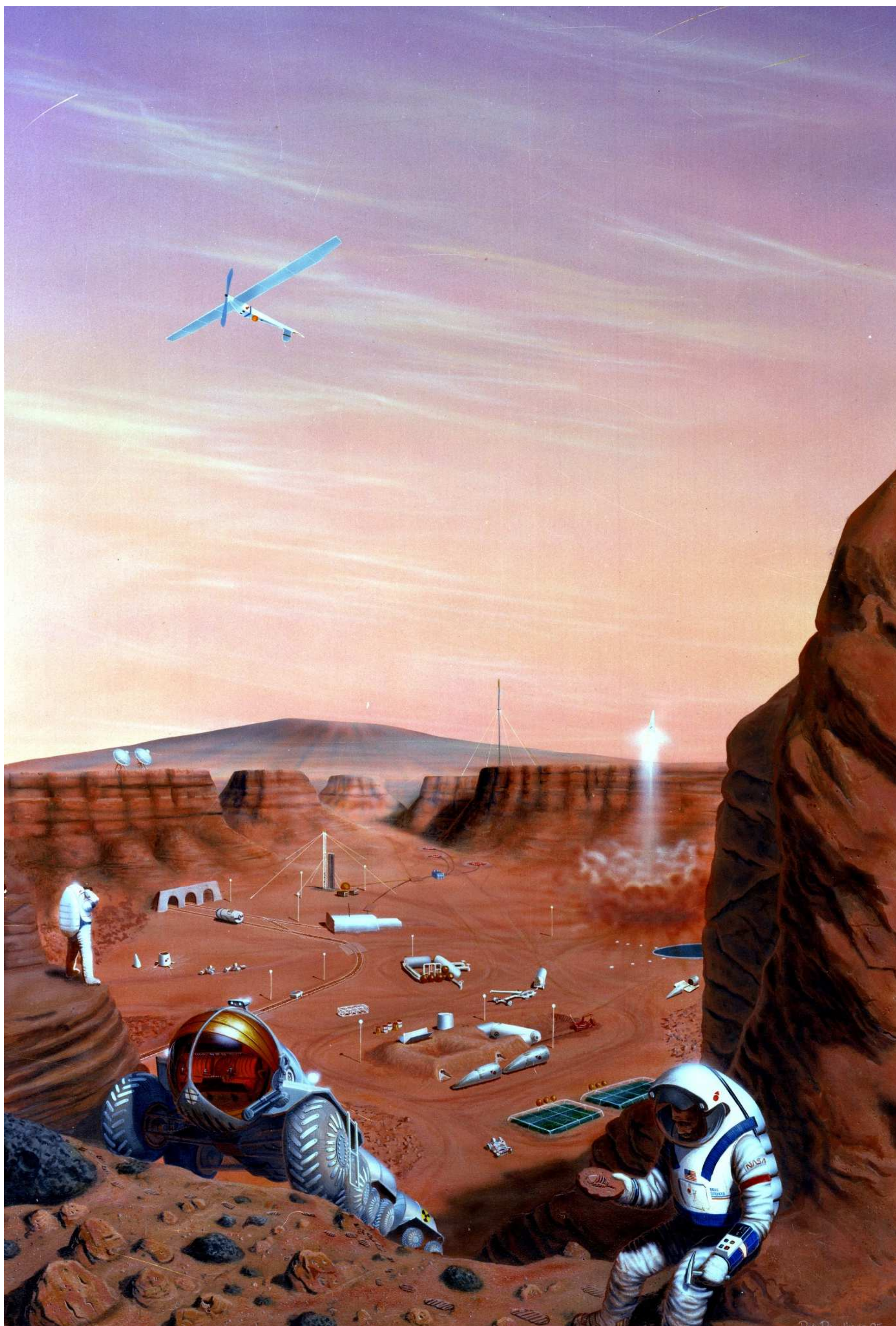


146. Hypersonic Inflatable Aerodynamic Decelerator (HIAD) (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Mivel ezek az egyedi leszállóegységek rakétahajtóműves fékezés nélkül nagy sebességgel csapódnának be a Mars felszínébe a tervezett Mars-bázis helyszínének a közelében, így csak olyan utánpótlásokat tudnának szállítani, amik képesek kibírni az ilyen becsapódások erőhatásait. Annak érdekében, hogy a becsapódásokkor csak maguk a leszállóegységek semmisüljenek meg, de az általuk szállított alapanyagok és termékek ne, a leszállóegységek által szállított különféle utánpótlások fél méter átmérőjű üreges fémgömbökben lennének tárolva. Ezek a gömb alakú tartályok egy alacsony olvadáspontú alumíniumötvözetből készülnének, és elég erősek lennének ahhoz, hogy a leszállóegységek becsapódásaikor csak szétguruljanak, lehetővé téve az asztronauták számára a Mars-bázis kiépítését követően azok autonóm robotokkal való összegyűjtését.

Bár ezek a gömb alakú alumínium tartályok akkora plusz súlyt jelentenének az egyedi leszállóegységekben, hogy helyettük akár a rakétahajtóműves fékezéssel való landolás is megoldható lehetne, azonban ezek a fémgömbök nemcsak a nem küldetéskritikus utánpótlásoknak a nagy sebességű becsapódástól való védelmét szolgálnák, hanem maguk is egy ilyen anyagnak számítanának.

A műhely bázismodulban megtalálható lenne egy kifejezetten ezeknek a fémgömböknek a méretéhez tervezett üst, amiben a fémgömbök megolvaszthatók lennének új szerkezeti elemek létrehozása érdekében. A legkülönfélébb alumínium szerkezeti elemek létrehozása pedig nagyon fontos képesség, akár egy plusz teherbíró létrára van szüksége az asztronautáknak, akár egy eltört ATHLETE robotlábat akarnak cserealkatrésszel megjavítani, akár egy esetleges újabb Mars küldetés során egy állandó Mars-bázist akarnak kiépíteni 3D nyomtatott épületekkel.



147. Élni és dolgozni a Marson (Művészi koncepció) (Kredit: Pat Rawlings)

5.2 Robotkutya, az asztronauta legjobb barátja

A Főnix-programban a marsi leszállóegységek landolásához kiválasztott leszállási körzet a Mars felszínének egy teljesen sima területe lenne, így a leszállóegységek a gáz halmazállapotú hidrogént és oxigént felhasználó üzemanyagcelláik energiaellátása mellett a kerekekben végződő ATHLETE robotlábaik segítségével könnyen tudnának a landolási pontjaikról a Mars-bázis kiépítésére kiválasztott közeli helyszínre átgurulni.

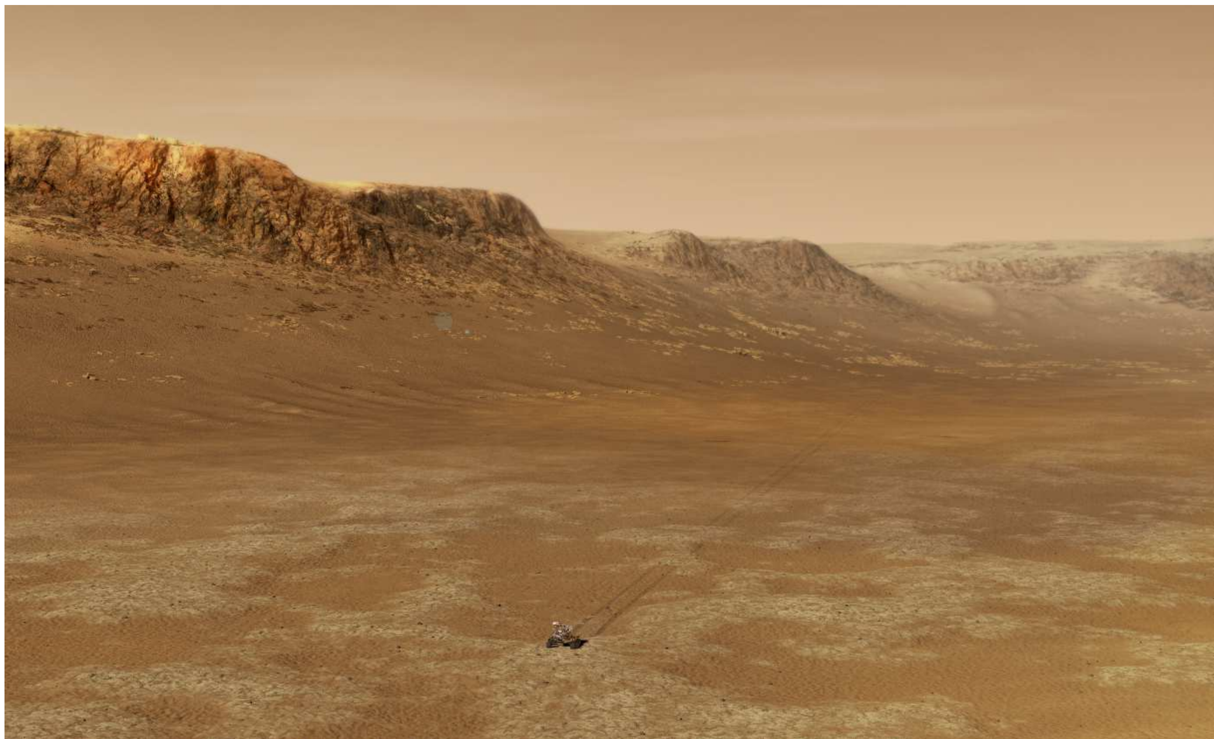
Ugyanígy a sima talajon az xEMU szkafandert viselő asztronauták is könnyen tudnak majd dolgozni, összeállítani a Mars-bázist és többek közt kőzetmintákat gyűjteni, azonban a nagy energiájú részecskéket eltérítő mágneses mező illetve a sugárzáselnyelő hatású vastag légkör hiányában a Mars felszínét érő veszélyesen magas kozmikus sugárzás miatt az asztronautáknak minimalizálniuk kell a szkafanderben végzett munkájukat, ezért az EVA-k lehetőségek szerinti kiváltására robotokkal is rendelkezne a Mars felszíni küldetés.



148. Boston Dynamics BigDog (Kredit: Boston Dynamics)

Bár egy emberszabású robot könnyebben tudná elvégezni ugyanazt a tevékenységet, amit egy asztronauta is, annak érdekében, hogy a Mars felszínén rendelkezésre álló robotok a lehető legszélesebb skálán felhasználhatók legyenek, a Főnix-program a Boston Dynamics BigDog-ján alapuló robotkutyákat használna.

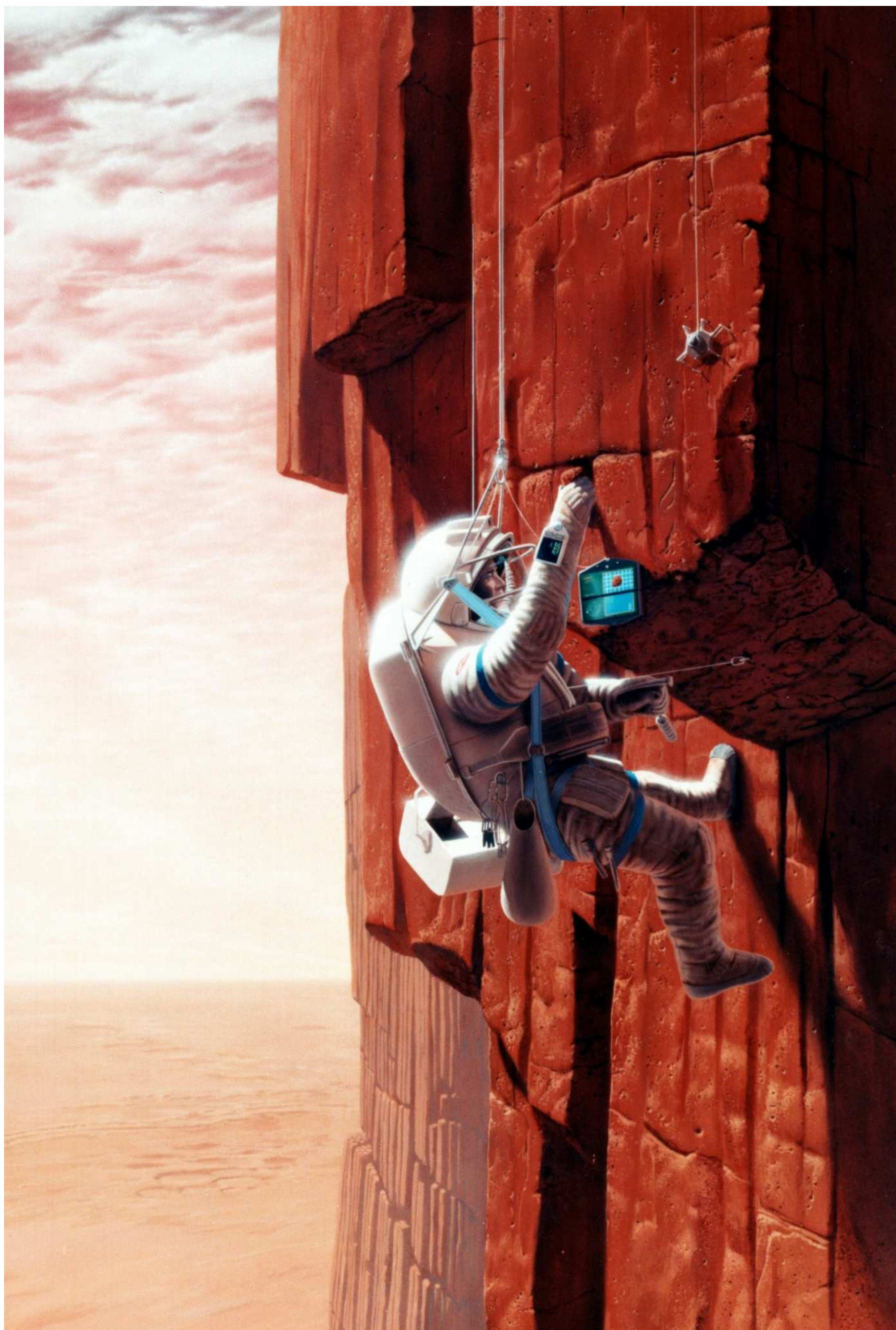
Mindegyik ilyen nagyméretű robotkutya két különálló robotkarral is rendelkezne a hátán. Az elülső univerzális robotkar szolgálna a munkavégzésre, aminek a fejegysége egyszerűen cserélhető lenne, hogy a talajba való néhány tíz centiméterre történő befúrástól a legkülönbözőbb tárgyak megfogásáig a robotkutya az asztronauták munkáját megkönnyíthesse, vagy akár teljesen át is vehesse. Ennek az elülső univerzális robotkarnak a fejegységét maga a robotkutya is ki tudná cserélni, így robotkutyák autonóm módón vagy távirányítással történő munkavégzéseinél az asztronautáknak nem kellene EVA-kat végrehajtaniuk az egyes fejegységeknek a különböző munkafázisok közötti cseréjéhez.



149. A fenséges Jezero-kráter felfedezése (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

A Főnix-programban kifejlesztésre kerülő robotkutyának a másik, hátulsó robotkarjának a fejegysége a mindegyik marsi leszállóegységnek a burkolatán megtalálható erőforrás-elosztó csatlakozókba lenne bedugható, így a robotkutya képes lenne önállóan rácsatlakozni bármelyik szabad erőforrás-elosztó csatlakozóval rendelkező leszállóegységre, a közvetlen energia- és adatkapcsolat létrehozásán túl lehetővé téve a robotkutya folyékony hidrogénnel és folyékony oxigénnel való feltöltését is.

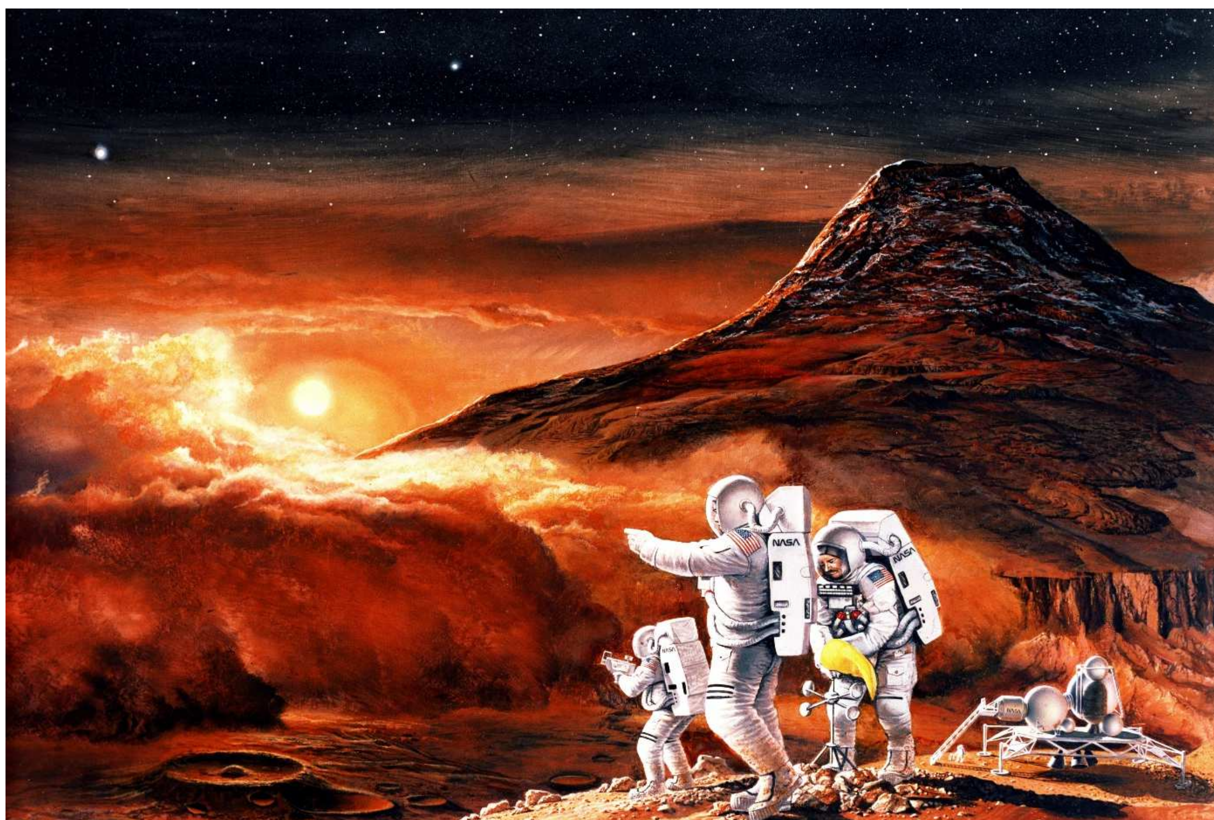
A robotkutyának a folyékony hidrogént illetve a folyékony oxigént tároló kriogén tartályai egyforma térfogatúak lennének, mert az így tárolt hidrogénnek illetve oxigénnek nemcsak a robotkutya üzemanyagcellájának a működtetésében lenne szerepe, biztosítva az elektromos meghajtású robotkutya hosszú üzemidejét illetve jelentős hatótávját, hanem a robotkutyához épp hozzákapcsolt asztronautának a folyamatos energia- és oxigénellátásában is.



150. Mintagyűjtés az Olympus Mons tövében található keleti sziklláról (Művészi koncepció) (Kredit: Pat Rawlings)

Ugyanis a Főnix-programban egy új EVA protokoll is bevezetésre kerülne, amelyben az asztronautáknak a szkafanderben végzett Mars felszíni tevékenységeik során annak időtartamától függetlenül kötelezően hozzákapcsolva kellene lenniük egy-egy robotkutyához, elsődlegesen onnan biztosítva az energia- és oxigénellátásukat, az xEMU szkafandereik saját energia- és oxigéntartalékát pedig kizárólag csak vészhelyzetben használhatnák fel.

Az ehhez szükséges rugalmas ellátócső, ami az oxigéncsövet illetve az energia- és adatkábelt tartalmazná, az asztronauták xEMU szkafanderének egy beépített részegysége lenne. Ennek a körülbelül tíz méter hosszan letekerhető xEMU ellátócsőnek a végén egy olyan fejegység lenne, ami a kompatibilitásának köszönhetően bedugható lenne az erőforrás-elosztó csatlakozókba, ezáltal az asztronauták nemcsak bármelyik robotkutyához lennének képesek hozzácsatlakozni, hanem akár a leszállóegységekhez is.



151. Porvihar a Marson (Művészi koncepció) (Kredit: Ren Wicks)

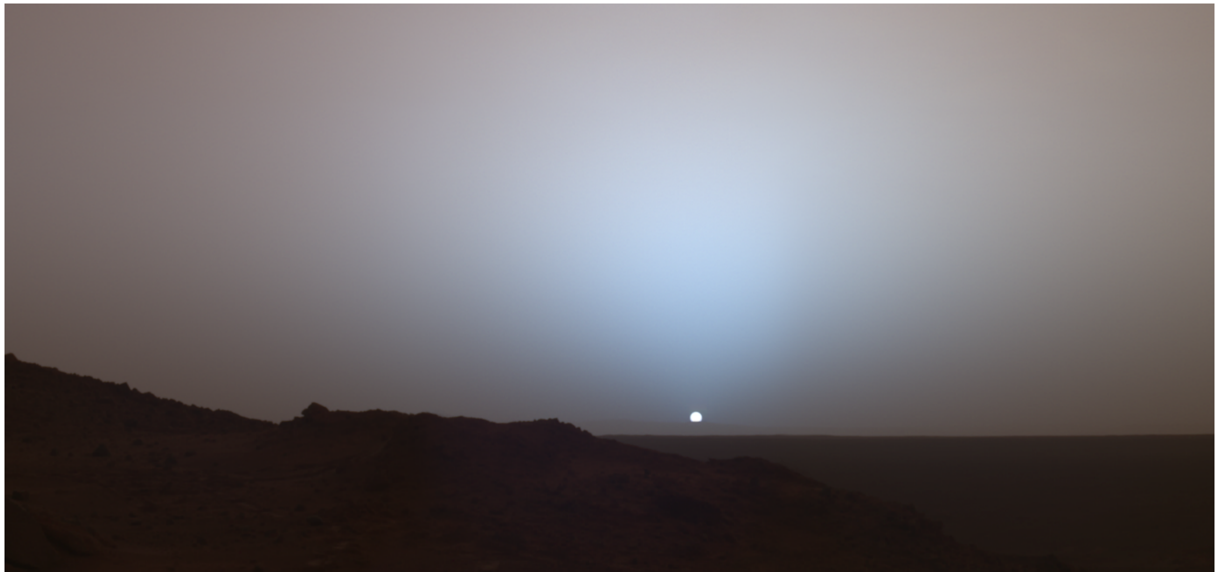
Ez utóbbinak akkor lenne igazán jelentős szerepe, amikor például kőzetminták begyűjtésének az érdekében az asztronauták a Mars felderítő járművel kilométerekre eltávolodnak a Mars-bázistól, mert így a Mars felszínére kilépő asztronauták, amennyiben tíz méternél messzebb nem akarnak eltávolodni a leszállóegységtől, az xEMU ellátócsöveiket a Mars felderítő jármű két erőforrás-elosztó csatlakozójába dughatnák be, a robotkutyák használata nélkül is biztonságossá téve a felszíni munkavégzésüket.

Az xEMU ellátócsövek végén lévő fejegységek önmagukra is rácsatlakoztathatók lennének, hogy amennyiben egy vészhelyzet ezt igényli, akkor egy asztronauta az xEMU ellátócsövével közvetlenül a társa szkafanderére csatlakozhasson rá, megosztva a szkafandereik energia- és oxigéntartalékait, illetve többek közt a szén-dioxid megkötő képességüket is.

Ha egy asztronautának el kell távolodnia a leszállóegységektől, akkor a Boston Dynamics technológiáján alapuló robotkutya a fejlett mesterséges intelligenciájának köszönhetően képes lenne távirányítás nélkül önállóan is követni a Mars felszínén sétáló asztronautát úgy, hogy a kettőjüket állandóan összekapcsolva tartó rugalmas xEMU ellátócső mindig épp ideális feszességű legyen.

Mivel a robotkutya két különböző robotkart használna a munkavégzéshez illetve az asztronautával való összekapcsolódáshoz, ezért a robotkutya nemcsak kísérni tudná az asztronautát, hanem együtt is tudna dolgozni vele, a tárgyak megemelésétől a lánghegesztésig számtalan különböző feladatnál, amik során a robotkutya mindig úgy helyezkedne, hogy az xEMU ellátócső a lehető legkevésbé zavarja az asztronautát közös munkában.

A robotkutyával való folyamatos összekapcsoltság nemcsak az életfenntartás tekintetében csökkentené a kockázatot az adott asztronauta számára, hanem kiszélesítené a lehetőségeit is, lévén a köztük lévő adatkapcsolaton keresztül az asztronauta hozzáférne a széles hullámhossz tartományban látó infrakamerájától a LIDAR-ján át a nagy adatátviteli sebességű rádiójáig a robotkutya minden berendezéséhez.



152. Naplemente a Mars Gusev-kráterében (Kredit: NASA)

A robotkutyának mind a munkavégzésre szolgáló elülső robotkarjába, mind az xEMU ellátócsőnek a csatlakoztathatóságát biztosító hátulsó robotkarjába beépített lenne egy-egy rendkívül nagy fényerősségű lámpa, amikkel a minden irányban való mozgathatóságuknak köszönhetően a robotkutya tökéletesen be tudná világítani akár a pillanatnyi munkaterületet, akár a sétáló asztronauta lába előtti területet, így éjszaka vagy korlátozott fényviszonyok között is biztonságosan tudna dolgozni a robotkutyával összekapcsolt asztronauta.

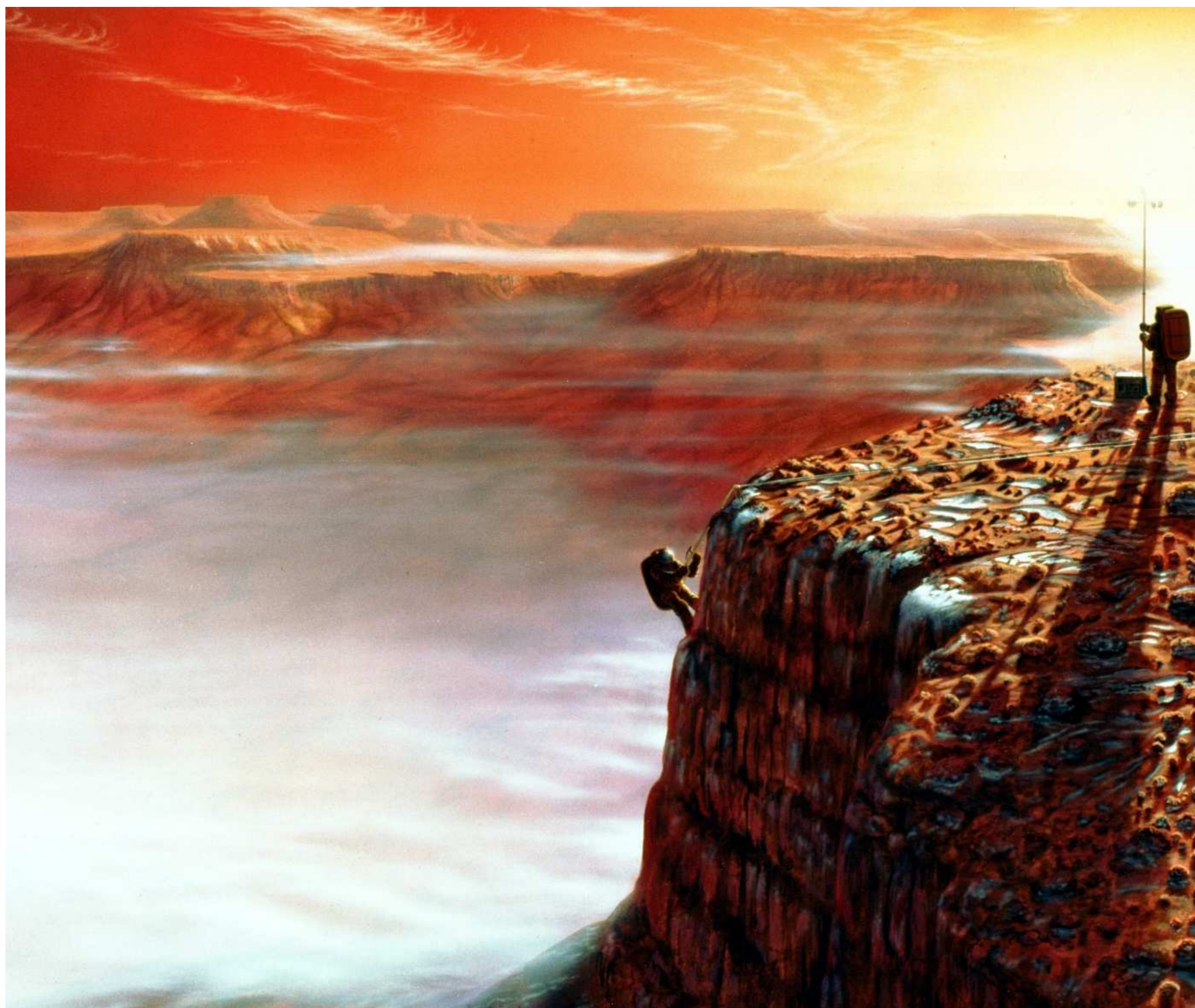
A robotkutya munkavégzésre szolgáló elülső robotkarja rendelkezne egy fúvókával, ami egy a robotkutyába beépített kompresszor segítségével összesűrített marsi levegőt tudna nagy nyomáson kifújni, lehetővé téve, hogy az asztronauták a felderítő járműbe való visszatérésük előtt a rájuk ragadt pornak a nagy részétől már kint a Mars felszínén megszabaduljanak, csökkentve a portalanítással töltött időt a szélcsatornában, és növelve a szélcsatorna visszatérő áramú légvezetékeibe beépített porszűrőknek az élettartamát.



153. Bizonyítékok keresése az életre (Művészi koncepció) (Kredit: Pat Rawlings)

Mivel az xEMU szkafander gyakorlatilag egy több mint száz kilogramm súlyú mini űrhajó, aminek a Mars felszínén való viselése az alacsony marsi gravitáció ellenére is rendkívüli fizikai igénybevételt igényelne még akkor is, ha az xEMU szkafander marsi változatához a Főnix-programban egy teherhordó exoskeleton is kifejlesztésre kerülne, így amennyiben egy EVA során egy asztronauta például eszméletvesztés miatt mozgásképtelenné válna, egy másik asztronauta számára a mozgásképtelen asztronautának és a szkafanderének a cipelése szinte lehetetlen feladat lenne.

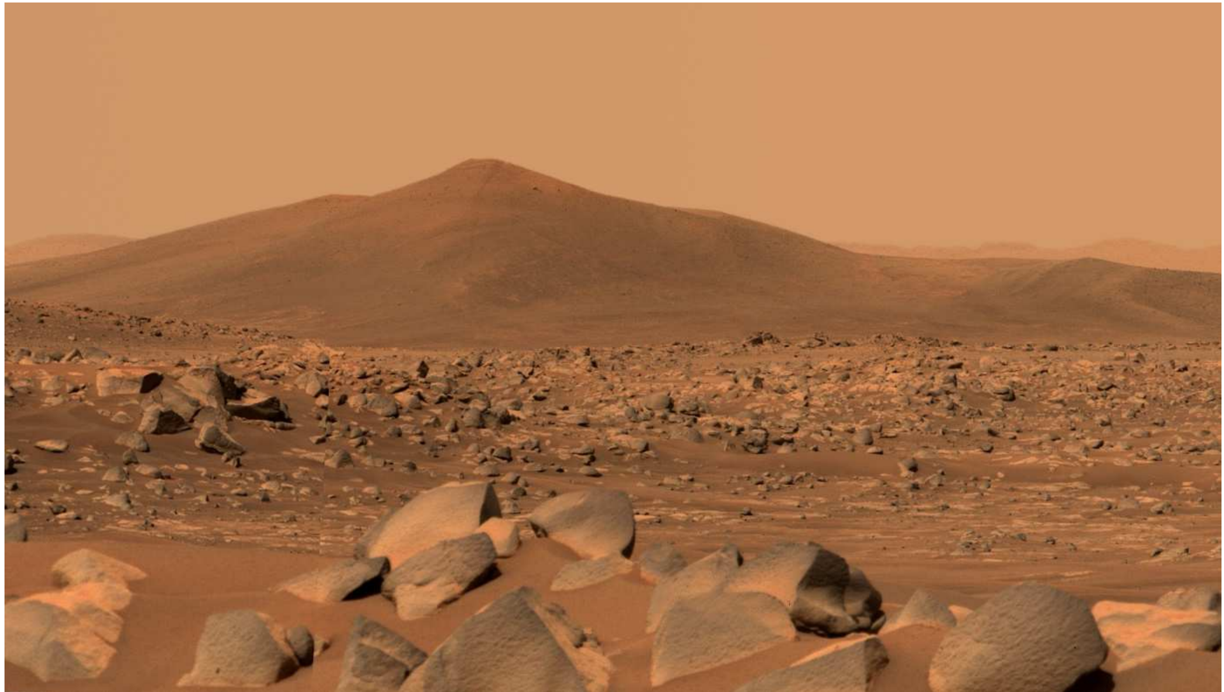
Ezért az xEMU szkafanderek, egyenletesen eloszolva a felületükön, egy tucatnyi speciális rögzítő csatlakozóval is rendelkeznének. Ezek a rögzítő csatlakozók a biztonsági övek csatjaihoz hasonló elven működnének, viszont távirányítással is kioldhatók lennének, nemcsak a rajtuk lévő nyomógomb benyomásával. A robotkutyák mindkét robotkarjukkal képesek lennének egy-egy ilyen rögzítő csatlakozóra rákapcsolódni, ezáltal egy robotkutya képes lenne elhúzni, két robotkutya összedolgozva pedig már cipelni is tudná a magatehetetlen asztronautát.



154. Marsi kanyonok hajnalban (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Mivel a robotkutya üzemanyagcellája az energiatermeléshez gáz halmazállapotában használná fel a hidrogént és az oxigént, és az asztronauta számára is gáz halmazállapotában kerülne továbbításra az oxigén az xEMU ellátócsövön keresztül, ezért a robotkutyában lévő folyékony hidrogén és folyékony oxigén tartályok hőszigetelése nem lenne tökéletes, és a kriogén tartályai hűtőrendszerrel sem rendelkeznének, ezzel is csökkentve a robotkutya súlyát.

Bár a robotkutya elsődleges energiaforrása a gáz halmazállapotú hidrogént és oxigént felhasználó üzemanyagcella lenne, ettől függetlenül a robotkutya egy legalább kétórás üzemidőt biztosító akkumulátorral is rendelkezne. Ennek az akkumulátornak nemcsak vészhelyzeti szerepe lenne, hanem lehetővé tudná tenni, hogy az olyan feladatok végrehajtásakor, amikor nem kell egy asztronautát kísérnie és nem is kell nagyon eltávolodnia a leszállóegységektől, a robotkutya csak az akkumulátorára támaszkodva is tudjon folyamatosan dolgozni.



155. Santa Cruz hegy a Marson (Kredit: NASA)

Mivel a Főnix-programban két Mars-komppal összesen négy asztronauta landolna a Mars felszínén, ezért négy robotkutya tartozna hozzá a Mars-bázis felszereléséhez. Ezek a robotkutyák a nukleáris ellátómodulban elhelyezve érkeznének a Mars-felszínére úgy, hogy a leszállóegységnek a landolását követően önállóan képesek legyenek elhagyni azt. A nukleáris ellátómodulban lennének tárolva a robotkutyák munkavégzésre szolgáló cserélhető fejegységei is, szintén úgy elhelyezve, hogy azokhoz a robotkutyák az asztronauták segítsége nélkül is hozzáférhessenek.

Annak érdekében, hogy a Mars-bázisnak mindig legyen elegendő szabad erőforrás-elosztó csatlakozója, amire a robotkutyák a feltöltésükhöz rá tudnának csatlakozni, a nukleáris ellátómodul a többi marsi leszállóegységgel ellentétben nem kettő, hanem négy erőforrás-elosztó csatlakozóval rendelkezne a burkolatán. Ezeken keresztül a robotkutyák nemcsak feltölteni tudnák magukat, de egyben az üzemanyagcelláik működése során keletkezet vizet is át tudnák szivattyúzni, amiből aztán a hajtóanyag-kompok a rakéta-hajtóanyag visszaforgató berendezéseikkel újra LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagot tudnának gyártani.

Mivel a Mars felszíni küldetés befejeztével a két Mars-kompot és az azok felszállását segítő két-két hajtóanyag-kompot kivéve a többi leszállóegység a Mars felszínén maradna, ide értve a Mars-bázis folyamatos energiaellátását továbbra is biztosító nukleáris ellátómodult is, így előkészülve egy esetleges következő emberes Mars küldetésre, az ATHLETE robotlábai segítségével a teljes Mars-

bázis akár több ezer kilométerre is elköltöztethető lenne egy a leszállóegységek landolására kevésbé ideális, de tudományos szempontból viszont sokkal érdekesebb területre.

Egy ilyen átköltözés esetén a robotkutyák újra el tudnának helyezkedni a nukleáris ellátómodulban lévő eredeti tárolóhelyükben, így nem kellene lábon megtenniük a nagyon lassú, akár évekig tartó utat, csökkentve a kopásokból fakadó meghibásodási lehetőségeket.

Amennyiben a Mars-bázis számára kijelölt új helyszín egy olyan köves terület lenne, ahol a következő Mars felszíni küldetés leszállóegységei nem tudnának biztonságosan landolni, a Mars-bázis először nem a végleges helyére települne át, hanem az ahhoz kijelölt leszállási körzetbe, ahol az újabb marsi küldetés asztronautáinak a megérkezése előtt a robotkutyákkal teljesen megtisztítható lenne a nagyobb kövektől akár egy több négyzetkilométeres terület is, pusztán a robotkutyák kétórás üzemidőt biztosító akkumulátoraira támaszkodva. Ilyen esetben a Mars-bázis csak a leszállási körzet előkészítésének a befejezése után gurulna át a számára kijelölt helyre.

5.3 Mars-bázis

A gravitációs gyűrűvel a tervezett Mars-bázis helyszíne fölött geostacionárius pályára álló asztronauták a Mars felszínére való landolás előkészítéseként először leállítanák a gravitációs gyűrű forgását, hogy a súlyelosztásának a leszállóegységek lecsatlakoztatásából fakadó megváltozása ne destabilizálhassa a gravitációs gyűrűt, majd a LOX/LH2 rakéta-hajtóanyaggal eleve teljesen feltöltött nyolc darab hajtóanyag-kompot egyenként lecsatlakoztatnák a gravitációs gyűrűről, amik a kijelölt leszállási körzetben egymás után landolnának is.



156. Emberi küldetés a Marson (Művészi koncepció) (Kredit: Les Bossinas)



157. Technikusok kerestetnek - NASA toborzó plakát (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Mivel az asztronauták a gravitációs gyűrűvel geostacionárius pályán keringenének, így a Földről felügyelt marsi küldetésekkel ellentétben a távirányítással történő landolásokra is lehetőség lenne, ami esetekben a landolást továbbra is a leszállóegységek saját repülésvezérlő fedélzeti számítógépe végezné, de a gravitációs gyűrűn várakozó asztronauták bármikor be tudnának avatkozni az irányításba, amennyiben az autonóm repülések során bármilyen probléma merülne fel. Ennek érdekében a Mars felszíni küldetésben nem érintett két asztronauta egyike kifejezetten a leszállóegységek távirányítással való landolására lenne kiképezve.

Ha mind a nyolc hajtóanyag-komp rendben landolt a Mars felszínén a kijelölt leszállási körzetben, akkor az asztronauták a bázismodulokat, a két Mars felderítő járművet, illetve a nukleáris ellátómodult is egyenként lecsatlakoztatnák a gravitációs gyűrű pereméről, majd egyenként a gravitációs gyűrű létfenntartó űrállomásmoduljához vinnék át őket, ahol annak robotkarjával megtartva azokat az erőforrás-elosztó csatlakozóikon keresztül a LOX/LH2 rakéta-hajtóanyaggal egymás után feltölthetők lennének, hogy a hajtóanyag-kompokhoz hasonlóan ezek a leszállóegységek is távirányítással landolhassanak a Mars felszínén.



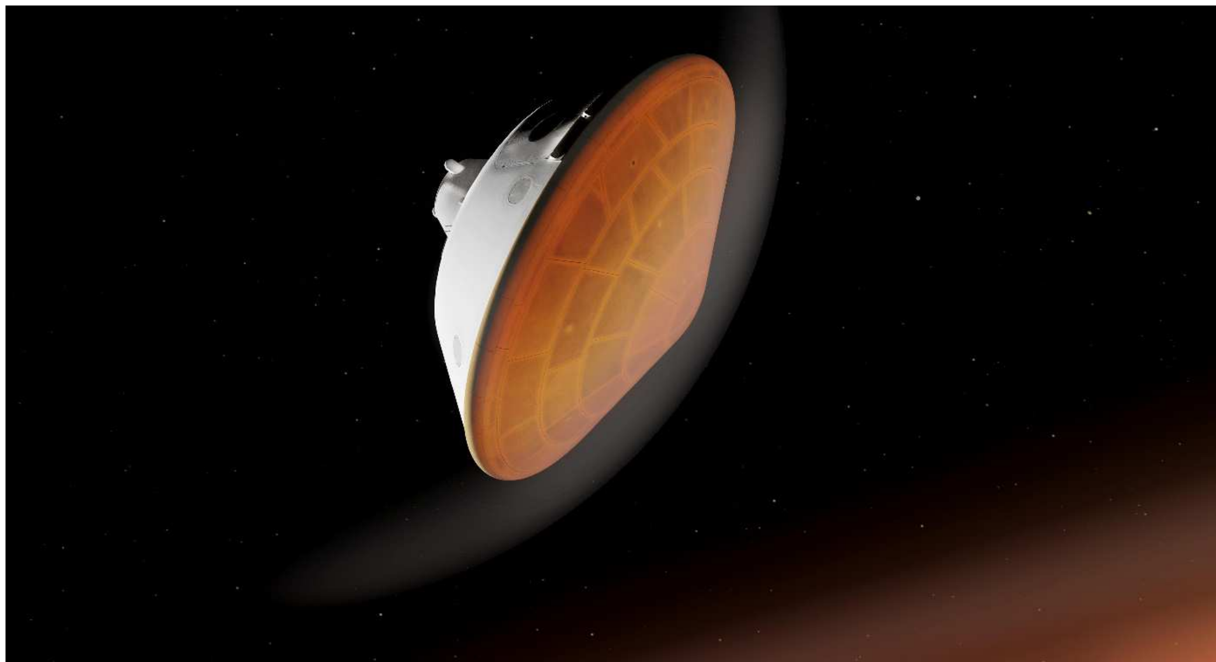
158. SpaceX Mars-bázis (Művészi koncepció) (Kredit: SpaceX)

Miután már a Mars-bázis kiépítéséhez szükséges leszállóegységek is rendben megérkeztek a leszállási körzetbe, az ATHLETE robotlábaik segítségével távirányítással mindegyik leszállóegység egyenként átgurulna a Mars-bázis tervezett helyszínére, így még az asztronauták érkezése előtt biztosan kideríthető lenne, hogy történtek-e olyan meghibásodások a landolások során, amelyek a leszállóegységek összegyűjtését ellehetetlenítik.

Ezt követően az asztronauták előkészítenék a két Mars-kompot is a landolásra, a LOX/LH2 rakéta-hajtóanyaggal való feltöltésükhöz illetve az asztronauták beszállásához egymás után bedokkolva velük a gravitációs gyűrű létfenntartó űrállomásmoduljának a dokkolóegységébe.

Mivel egy Mars-komppal csak két asztronauta landolna, így bármilyen katasztrófa esetén még lenne lehetőség a Mars felszíni küldetés folytatására. Az első Mars-komp sikeres landolása után automatikusan indulna a másik két asztronauta is a következő Mars-komppal. A két asztronauta pedig, akik nem vennének részt a Mars felszíni küldetésben, annak teljes időtartama alatt a gravitációs gyűrűn maradna, újra precízen beállítva annak súlypontját és újraindítva annak forgását.

Amennyiben a Holdnál végzett aszteroidabányászati kísérletek sikeresek voltak, és egy megfelelő marsközeli aszteroidát is sikerült magas Mars körüli pályára juttatni még a gravitációs gyűrű megérkezése előtt, akkor a gravitációs gyűrűn maradt két asztronauta a Mars felszíni küldetés hónapjai alatt ezt a vízben gazdag kisméretű aszteroidát a bányászati modul segítségével részben feldolgozná.



159. Belépés a marsi légkörbe a Perseverance marsautóval (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Miután az asztronauták is sikeresen landoltak a Mars felszínén és a két Mars-komp is odagurult a Mars-bázis tervezett helyszínénél összegyűjtött többi leszállóegységhez, az asztronautákat segítő robotkutyák életre kelnének a nukleáris ellátómodulban lévő tárolójukban, majd onnan kilépve mindegyikük rácsatlakozna valamelyik leszállóegységnek az egyik erőforrás-elosztó csatlakozójára, teljesen feltöltve magukat folyékony hidrogénnel és folyékony oxigénnel. Amint a robotkutyák teljesen üzemkészek, a Mars-kompok személyzeti moduljaiban az asztronauták beöltöznének az xEMU szkafandereikbe, majd a robotkutyák nagy felbontású kameráinak a kereszttüzében a személyzeti modulok oldalsó búvónyílásain keresztül egyenként elhagynák a Mars-kompokat.

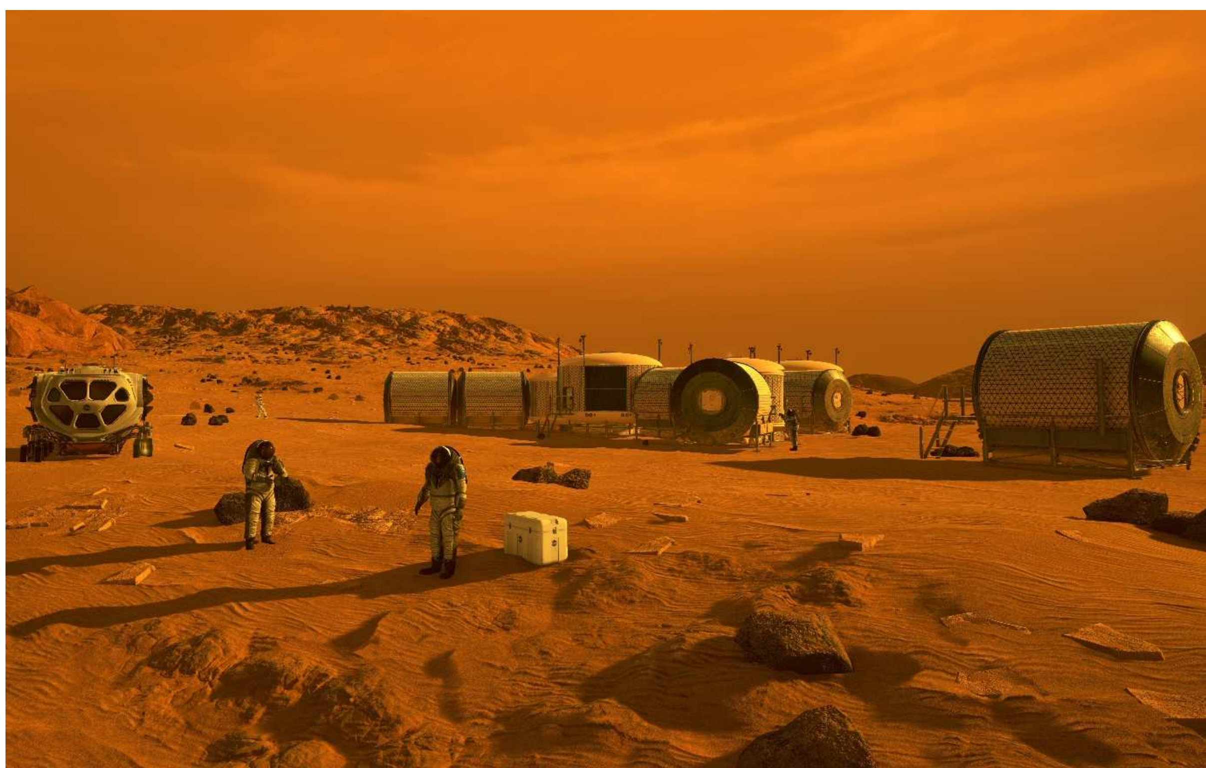
A Földre minden háztartásba közvetített magasztos pillanatokat követően az asztronauták azonnal belefognának a két Mars felderítő járműnek a holdi tesztprogramban már kipróbált módon történő beüzemelésébe, lévén az asztronauták a marsi por életveszélyessége miatt a szkafanderük biztonságos elhagyását ekkor még csak a felderítő járművek xEMU szkafander dokkolóegységein keresztül tudnák megoldani. Ahogy az asztronauták belekezdenének a Mars-bázis kiépítésébe, az új EVA protokollok is életbe lépnének, és mindegyik asztronautának egy-egy teljesen feltöltött robotkutyához kellene hozzácsatlakoztatnia magát az xEMU ellátócsöveik segítségével.



160. Némi felhasználói szerelés szükséges - NASA toborzó plakát (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Amint befejeződött a felderítő járművek fánk alakú másodlagos élettereinek a felfújása az oldalsó burkolatelemeiken lévő rögzítőkapcsoknak a kioldását követően, és az asztronauták már hozzáférhetnek a felderítő járművek szerszám- és eszköztároló helyiségeiben tárolt rugalmas töltőkábelekhez, az erőforrás-elosztó csatlakozóikon keresztül a leszállóegységek összekötésre kerülnének egymással. Ezután az asztronauták a felderítő járművek xEMU szkafander dokkolóegységein keresztül már biztonságosan be tudnának lépni a felderítő járművekbe egy rövid pihenőre.

A pihenőt követően az asztronauták újabb EVA-k végrehajtásával a bázismodulok oldalsó burkolatelemein lévő rögzítőkapcsoknak a kioldásával megkezdenék azok másodlagos élettereinek is a felfújását, ami után az ATHLETE robotlábaik segítségével precízen egy szintbe állítva azokat az összes bázismodult a légzsilipjeiknél sorban egymáshoz csatlakoztatnák, kialakítva az egybefüggő Mars-bázist.



161. Az első emberek a Marson (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Mivel a rugalmas töltőkábelekkel az erőforrás-elosztó csatlakozóikon keresztül a leszállóegységek továbbra is egymáshoz csatlakoztatottak lennének, ezért a leszállóegységek másodlagos életterében lévő fontosabb felszerelések kicsomagolásával és ellenőrzésével párhuzamosan az asztronauták meg tudnák kezdeni a landolásokból megmaradt folyékony hidrogénnek és folyékony oxigénnek a hűtőrendszerrel rendelkező hajtóanyag-kompokba való átszivattyúzását, lehetővé téve a folyékony hidrogén tartályoknak a bázismodulok esetében elsődleges élettérként, a felderítő járművek esetében pedig szélcsatornaként való használatba vételét.

Az asztronauták a következő heteket akklimatizálódással és a Mars-bázis berendezésével töltenék, előkészülve a tudomány feladatok végrehajtására illetve a Mars vészhelyzet esetén való bármikori elhagyására. Bár a Mars felszíni küldetéshez használt bázismodulok mindegyike azonos méretű és

felépítésű lenne, azonban a felfújható másodlagos élettereiknek a belső szerkezete jelentősen eltérő lenne, és az előre összecsomagolt felszereléseikkel az asztronauták mindegyik bázismodult az egyedi feladataik kiszolgálására tudnák berendezni.

Az óvóhely bázismodul, ahogy a holdi tesztprogramban is, úgy a Mars felszínén is elsősorban a pihenésre szolgálna, és az óvóhely bázismodul másodlagos életterébe lenne beépítve a Mars-bázis két teljes értékű mosdóhelyiségéből az egyik.

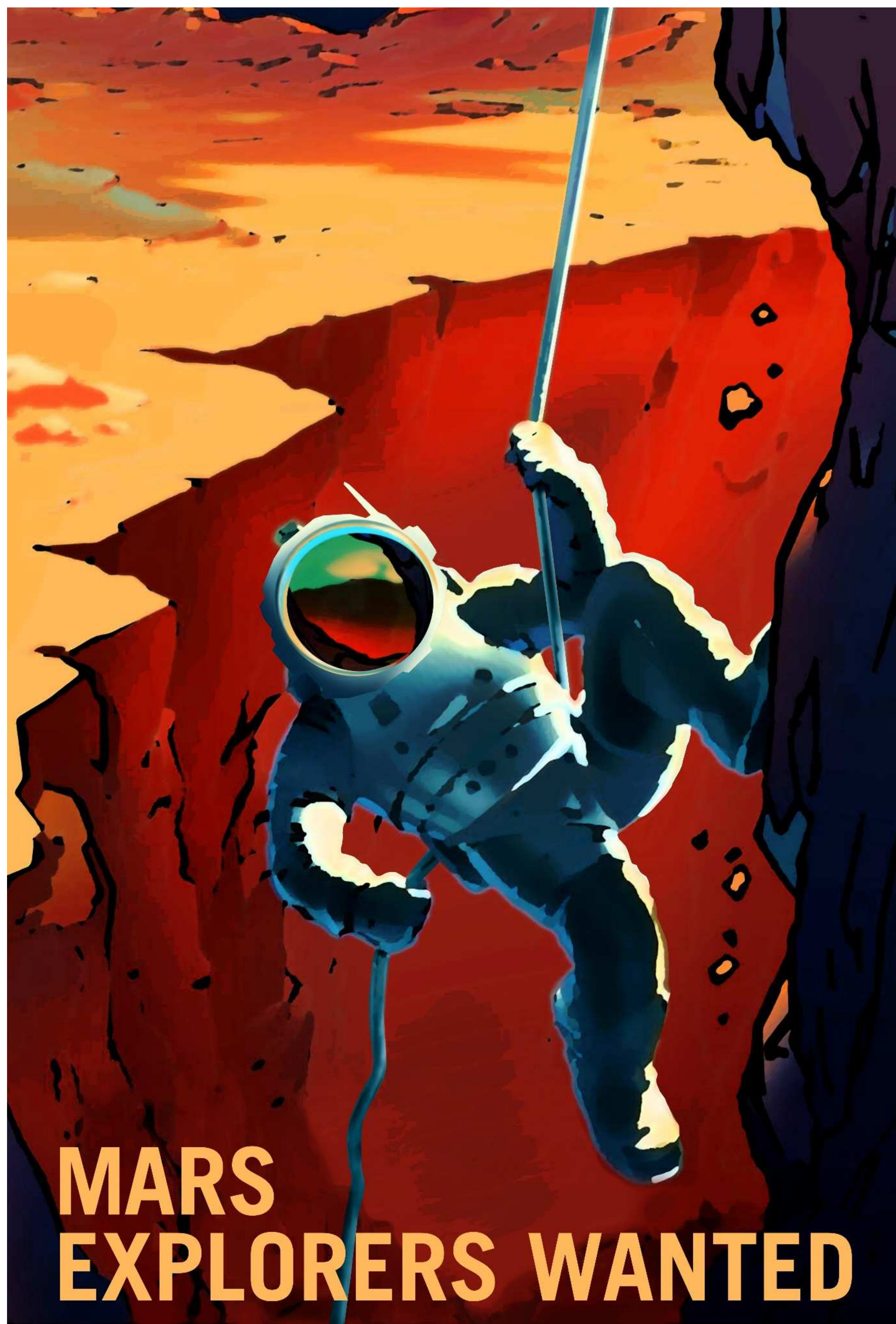
A másik ilyen csak gravitációs környezetben működő mosdóhelyiség a rekreációs bázismodul másodlagos életterében lenne megtalálható. Ez a bázismodul szolgálna közösségi helyiségként az étkezésre, a sportolásra, a szórakozásra, és minden olyan társas tevékenységre, ami az asztronauták fizikai és pszichológiai regenerálódását elősegítheti.

A kommunikációs bázismodul elsődleges szerepe a földi irányítóközponttal illetve a geostacionárius pályán keringő gravitációs gyűrűvel való folyamatos kapcsolat fenntartása lenne, illetve ez a bázismodul tenné lehetővé, hogy az asztronauták a családtagjaik számára nagyfelbontású videóüzeneteket rögzíthessenek, a kapottakat pedig privátban megtekinthessék. A kommunikációs bázismodul egyben egy távvezérlő állomás is lenne, ahonnan a Mars küldetés minden űrhajója, űrállomásmodulja, leszállóegysége, robotkutyája illetve más eszköze folyamatosan monitorozható és értelemszerűen távirányítható is lenne.



162. Mission Operations Control Room a Johnson Űrközpont Apollo Küldetésirányító Központjában (Kredit: NASA)

Mivel a kommunikációs bázismodul kijelzőkkel, nagyfelbontású kamerákkal és nagy sávszélességű adatkapcsolattal is rendelkezne a földi irányítóközpont felé, ezért a kommunikációs bázismodul egyben egy orvosi szoba is lenne, ahol akár kisebb műtétek is végrehajthatók lennének.



163. Mars felfedezők kerestetnek - NASA toborzó plakát (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Lévén a marsi küldetés időtartama akár két év is lehet, és ebből a mérgező talajú Marson töltött idő több hónap is lehet, ezért egy nagyon széles tapasztalatokkal rendelkező orvosi végzettségű asztronauta lenne a marsi küldetés talán legfontosabb szereplője. Mivel a Mars felszínén landolt két Mars-kompon túl a gravitációs gyűrűnél is maradna egy Mars-komp vészhelyzeti tartalékként, ezért ha a gravitációs gyűrűn maradt két asztronauta egyike szenvedne sürgős beavatkozást igénylő súlyos sérülést, akkor arra is lenne lehetőség, hogy a sérült asztronauta a tartalék Mars-komppal távirányítással leszálljon közvetlenül a Mars-bázis mellé, ahol a kommunikációs bázismodul teljesen felszerelt orvosi szobájában az orvosi végzettségű asztronauta a többiek asszisztálása mellett el tudná látni a sérült asztronautát.

A műhely bázismodul tartalmazná a csavarkulcsoktól a forrasztópákákon át a feszültségmérőkig azokat az eszközöket és műszereket, amikkel a Mars felszíni küldetés leszállóegységei, azok berendezései, és a marsi küldetés fontosabb eszközei javíthatók illetve karbantarthatók lennének, illetve a műhely bázismodul tartalmazná azokat a különböző 3D nyomtatókat, fémmegmunkáló gépeket és más berendezéseket, amik lehetővé tennék az asztronauták számára új eszközök vagy alkatrészek előállítását is, ha olyan válságossá válna egy helyzet, amin már a szigetelőszalag sem segít.

A műhely bázismodul önmagában egy fúróberendezés is lenne, vagyis miután a Mars-bázis kiépült, a tudományos kutatómunka keretében az asztronauták a műhely bázismodul segítségével a Mars felszínéből való mintavételezéshez akár több tíz méterre is le tudnának fúrni a marsi talajba. Annak köszönhetően, hogy magával a műhely bázismodullal tudnák a mélyebb fúrásokat végrehajtani, az asztronauták minimalizálni tudnák az ehhez szükséges EVA-k számát, csökkentve a sugárzásterhelésüket, mert a fúrások során végig a műhely bázismodul nyomás alatt lévő másodlagos életterében tartózkodhatnának.

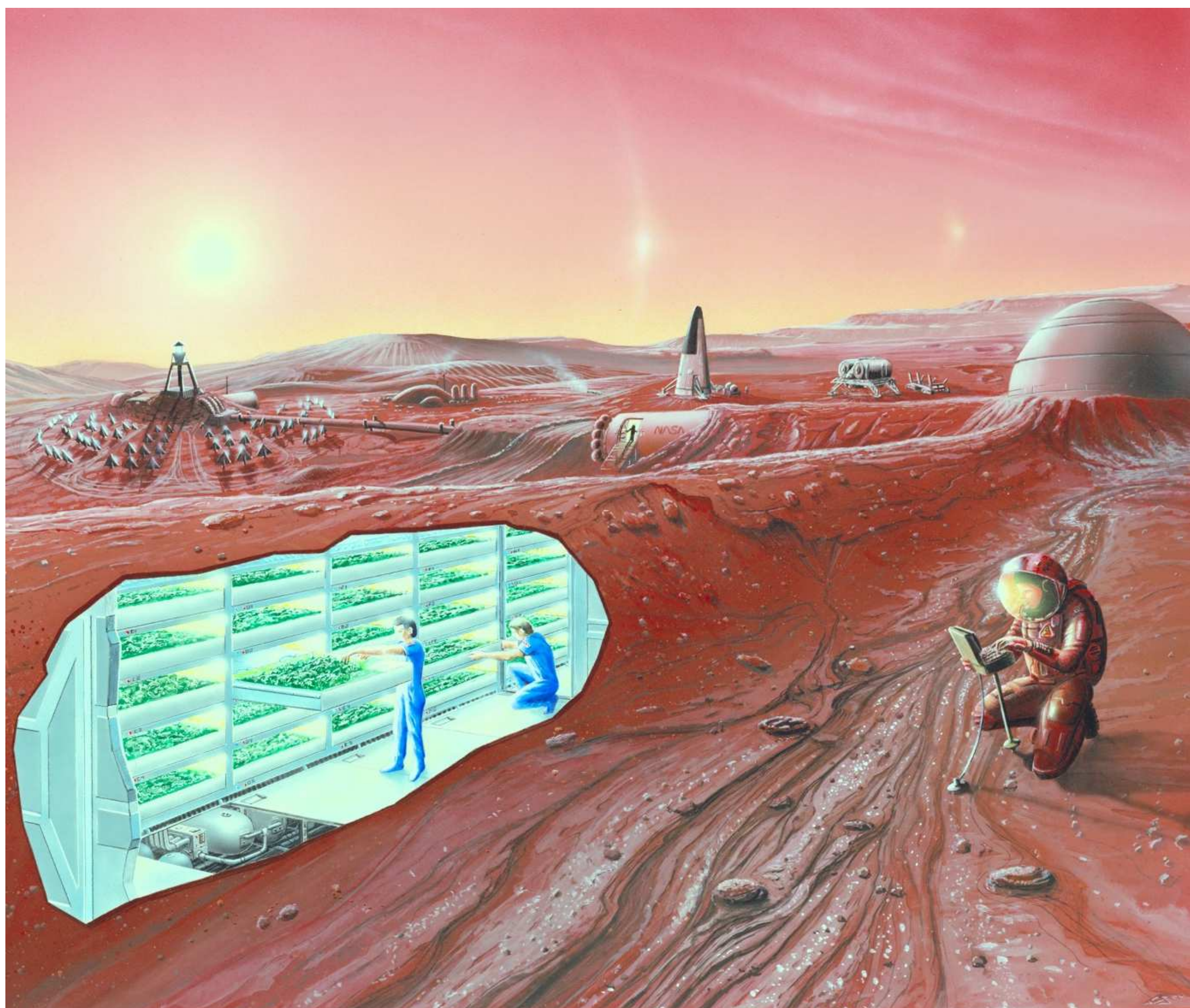


164. Asztronauták kőzeteket tanulmányoznak a Marson (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Mivel a műhely bázismodul a többi leszállóegységhez hasonlóan ATHLETE robotlábakon közlekedne, így ha a Mars-bázis eredeti helyétől távolabb találnának egy ígéretes mintavételi pontot az asztronauták, akkor a nukleáris ellátómodul folyamatos energiaellátásának és a Mars-bázis bármikori mobilizálhatóságának köszönhetően szépen lassan az egész Mars-bázist átguríthatnák oda úgy, hogy a műhely bázismodul pontosan a tervezett fúrási pont fölé kerüljön.

A Mars-bázis tudományos bázismodulja egy kisméretű kutatóállomás lenne, ami egyszerre szolgálna meteorológiai állomásként és laboratóriumként, és tartalmazná mindazon műszereket és berendezéseket, amik a Mars titkainak a feltárásához szükségesek. Az asztronautáknak a Mars felszínén töltött hónapjai nagyrészt a tudományos bázismodulban végzett kutatómunkákkal telnének el, hogy minél előbb pontos ismeretekkel rendelkezhessenek a Mars-bázis közvetlen környezetével, például a talaj pontos kémiai összetételével kapcsolatban, lehetővé téve a marsi talajt hasznosító növénytermesztési kísérletek elkezdését is. Ezen növénytermesztési kísérletek a tudományos bázismodulban történnének, nem az aeropónia bázismodulban.

Az aeropónia bázismodul ugyanis kifejezetten arra szolgálna, hogy a Mars felszíni küldetés hónapjai alatt friss és tápláló zöldségeket tudjanak az asztronauták termeszteni maguknak, fenntartva az erőnlétüket és javítva a közérzetüket az egészséges ételekkel.



165. Mars-kolónia belső kertészeti körlettel (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

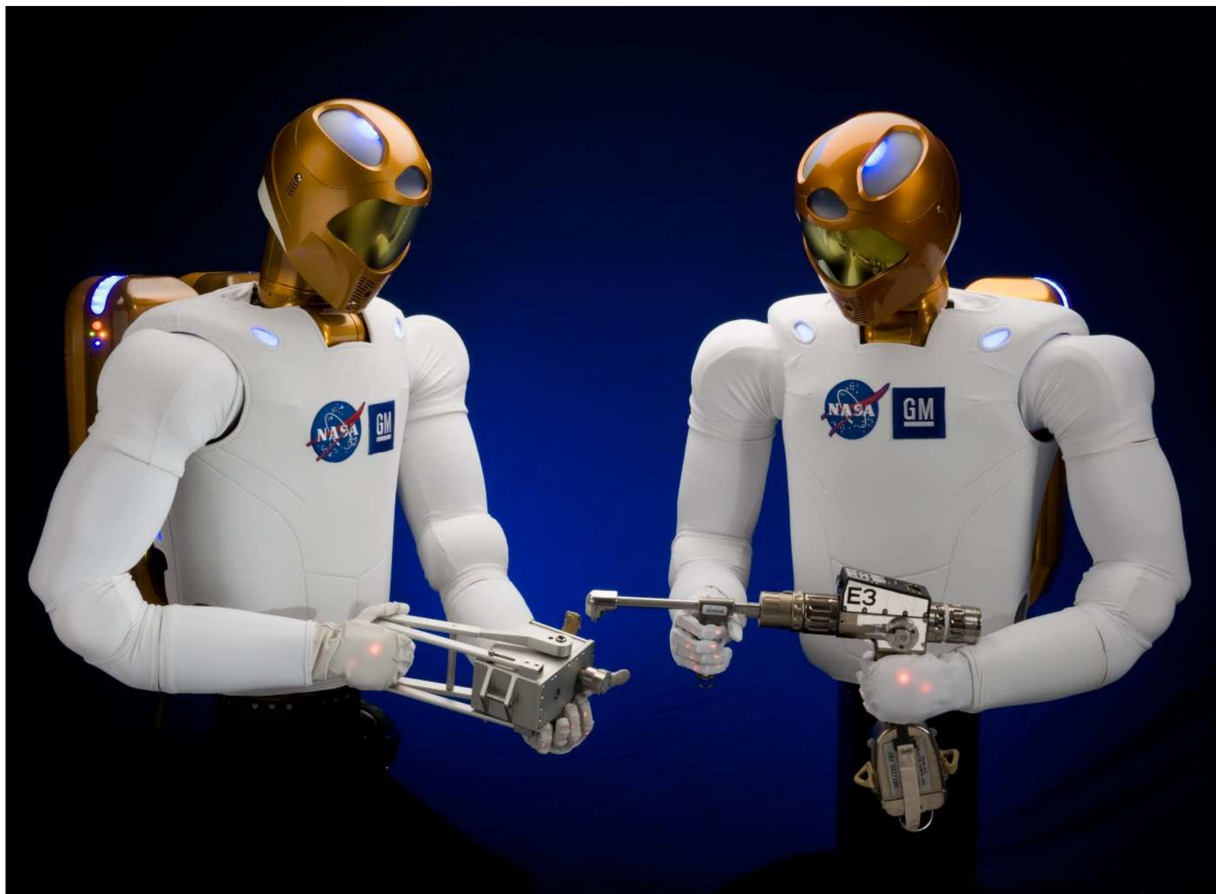


166. AI SpaceFactory 3D nyomtatott marsi lakóhely (Művészi koncepció) (Kredit: AI SpaceFactory)

Azonban az aeropónia bázismodulnak lenne egy másodlagos szerepe is. Az asztronauták ebben a bázismodulban kevés gondoskodást igénylő szobanövényeket kezdenének el termeszteni, amiket közvetlenül a Mars felszíni küldetés befejezése és a Mars-bázis végleges elhagyása előtt minden bázismodulban elhelyeznének, gyakorlatilag egy télikertet csinálva a teljes Mars-bázisból. Ezen szobanövények végleges elhelyezéséhez a perklorátoktól már megtisztított, szerves trágyával és az azokban található baktériumokkal pedig már feldúsított marsi talaj kerülne felhasználásra.

Mivel az asztronautáknak a Mars felszínéről való távozása után a nukleáris ellátómodul továbbra is folyamatosan biztosítaná a Mars-bázis energiaellátást, így a bázismodulokban a növénytermesztéshez szükséges optimális belső hőmérséklet illetve a fotoszintézishez szükséges ideális fényviszonyok korlátlan ideig fenntarthatók lennének, és mivel az asztronauták távozását követően a Mars felszíni küldetés vészhelyzeti tartalékának szánt LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagból is több tíz tonna maradna még a Mars-bázisnál hagyott négy hajtóanyag-kompban, így a növények rendszeres öntözéséhez szükséges vízmennyiség is bőségesen rendelkezésre állna.

Ezeknek a növényeknek a gondozását egy a Mars-bázis felszerelésébe tartozó Robonaut típusú humanoid robot végezné, amit a földi irányítóközpont tudna távirányítással vezérelni. Mivel a robotkutyákkal ellentétben a Robonaut egy afféle robotgondnokként végig a Mars-bázis nyomás alatt lévő életterében tartózkodna, és jelentős erőkifejtést igénylő fizikai munkákat sem kellene végrehajtania, így a robotkutyákhoz képest a Robonaut szerkezeti felépítése sokkal egyszerűbb, működése pedig rendkívül energiatakarékos lehet.



167. Két Robonaut 2 humanoid robot (Kredit: NASA)

Mivel egy esetleges következő Mars felszíni küldetés legfontosabb feladata a Mars-bázist alkotó leszállóegységek számára egy már megfelelő sugárzásvédelmet biztosítani képes védőburoknak a 3D nyomtatással való felépítése lenne a marsi talaj felhasználásával, így ezekkel a szobanövényekkel az asztronauták egy sokkal élhetőbb környezetet tudnának létrehozni a már végleges helyszínű Mars-bázis steril életterében, miközben a marsi talaj növénytermesztésre való felhasználhatósága szempontjából felmerülő kérdésekre is válaszokat kaphatnának.

5.4 Az út haza

A Mars felszínén landolt nyolc hajtóanyag-komp közül négy kerülne kiválasztásra a felszálláshoz, kettő az egyik Mars-komphoz, kettő pedig a másikhoz. Ezek a hajtóanyag-kompok már a Mars-bázis kiépítésétől kezdve teljesen feltöltött állapotúkban várakoznának, a kriogén tartályaik hűtésére nem képes Mars-kompok viszont csak közvetlenül a felszállás előtt kerülnének teljesen feltöltésre az erőforrás-elosztó csatlakozóikon keresztül. Ahogy a landolás során is, úgy a felszálláshoz is mindkét Mars-kompban két asztronauta helyezkedne el, ezúttal azonban legalább száz kilogrammnyi kőzetminta társaságában.

A felszállásra való előkészülés egyszerre zajlana le mindkét Mars-komp esetében, a holdi tesztprogramban már kipróbáltaknak megfelelően, azonban biztonsági okokból a második Mars-komp csak azután indulna el a Mars felszínéről, miután az első Mars-komp már elérte a geostacionárius pályán várakozó gravitációs gyűrűt.



168. Perseverance marsautó landolása a Mars felszínére (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

VISIT THE
HISTORIC SITES

MARS
MULTIPLE TOURS AVAILABLE
ROBOTIC PIONEERS / ARTS & CULTURE / ARCHITECTURE & AGRICULTURE

169. Mars - JPL Jövőképek plakát (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

A Mars felszínéről való felszállás előkészületeivel párhuzamosan a gravitációs gyűrűn maradt két asztronauta is felkészülne a felszállással kapcsolatos vészhelyzeti protokollok végrehajtására, leállítanák a gravitációs gyűrű forgását, és teljesen feltöltenék LOX/LH2 rakéta-hajtóanyaggal a műszaki kiszolgáló űrhajót és a gravitációs gyűrűhöz csatlakoztatva maradt harmadik Mars-kompot is. A feltöltésüket követően egy-egy asztronautával a fedélzetükön mindkettő lecsatlakozna a gravitációs gyűrűről.

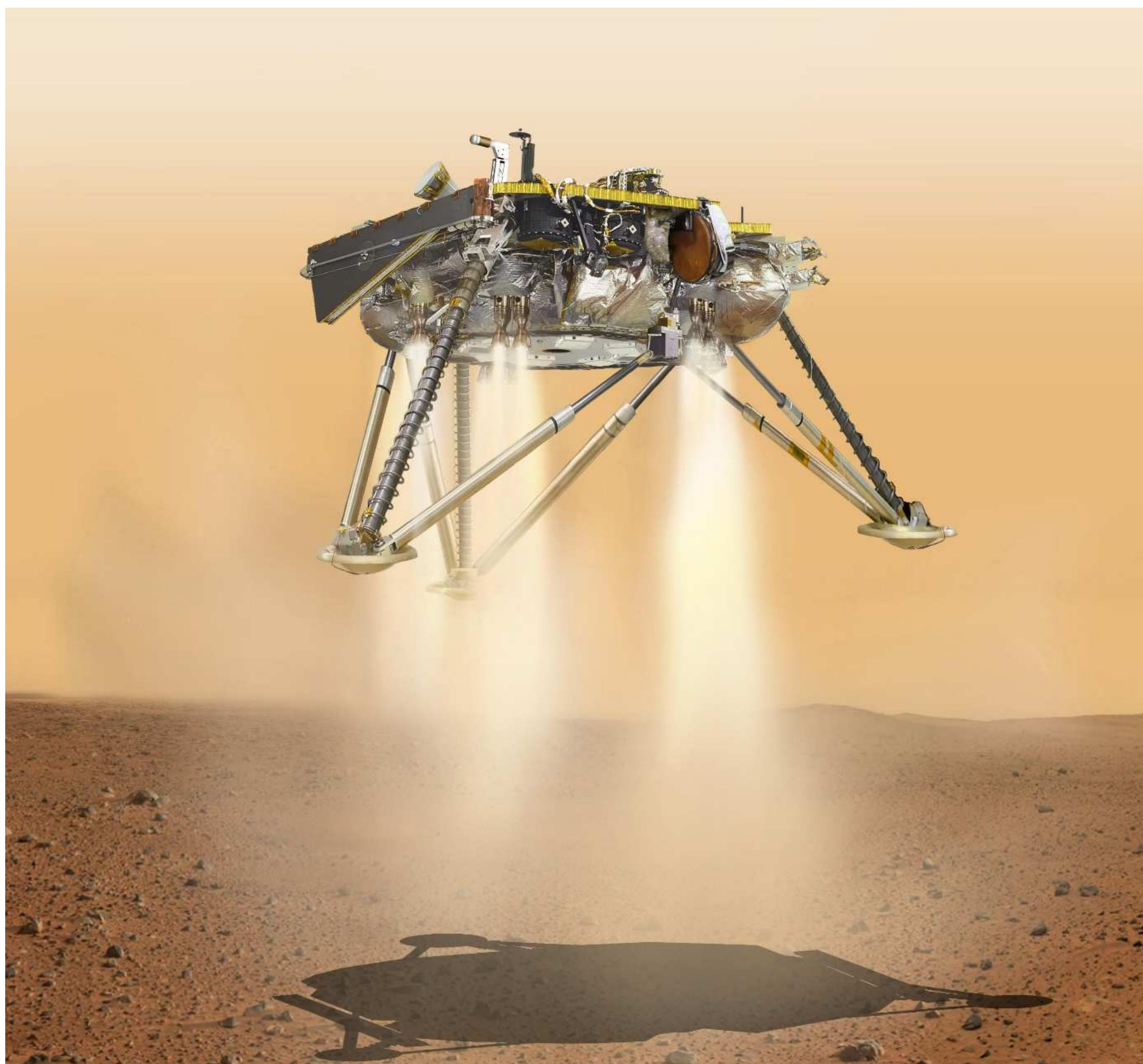
Amennyiben az egyik Mars-komp felszállása során egy meghibásodás vagy valamilyen más műszaki vagy irányítási probléma miatt az adott Mars-komp csak az alacsony Mars-körüli pályáig tudna eljutni, akkor az asztronauták a Mars-komp személyzeti modulját le tudnák választani arról, és így a Mars-komp szervizmodulját és az ahhoz hozzácsatlakoztatott hajtóanyag-kompokat hátrahagyva csak magával a személyzeti modullal és annak saját LOX/LH2 rakétahajtóműveivel tudnának a magasabb pályán keringő gravitációs gyűrűhöz eljutni, majd bedokkolni a gravitációs gyűrű létfenntartó űrállomásmoduljának a dokkolóegységébe.



170. Sziklás marsi felszín (Kredit: ESA)

Mivel a Mars-kompok felszállásai alatt a műszaki kiszolgáló űrhajó is készenlétben várakozna, így amennyiben az egyik Mars-komp a műszaki hibák miatt csak az alacsony Mars körüli pályáig tudna feljutni, akkor a műszaki kiszolgáló űrhajóval akár érte is lehetne menni, a Mars-kompot a műszaki kiszolgáló űrhajó Canadarm robotkarjaival felvontatva a magasabb pályán lévő gravitációs gyűrűhöz.

Amennyiben az egyik Mars-komp felszállása során a rakétahajtóművek vagy más létfontosságú részegységek hibája miatt még az alacsony Mars körüli pálya elérése is lehetetlennek bizonyulna, vagy egy műszaki hiba robbanásveszélyes helyzetet teremtene a felszállás során, akkor az asztronauták a Mars-komp személyzeti moduljával vészhelyzeti leválást hajtanának végre a Mars-komp szervizmoduljáról, és amennyiben az alacsony Mars-körüli pálya az immár önállóan repülő személyzeti modullal is elérhetetlennek tűnik, akkor az asztronauták a Mars-komp személyzeti moduljával újra landolnának a Mars felszínén.



171. Az InSight űrszonda leszállni készül a Mars felszínére (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Ez utóbbi helyzetben a becsapódásnak tekinthető landolásnak a túlélése esetén is csak korlátozott ideig lenne elegendő az asztronauták számára az akár súlyosan megsérült személyzeti modulnak a saját létfenntartó rendszere, és mivel az asztronauták a szuborbitális repüléssel és az újabb landolással akár több száz kilométerre is kerülhetnének a Mars-bázistól, ezért egy ilyen esetben a gravitációs gyűrűnél várakozó és vészhelyzeti tartalékként szolgáló harmadik Mars-komp azonnal a lehető legközelebb landolna a bajba került asztronautáknál, majd az ATHLETE robotlábain odagurulna hozzájuk, biztosítva a harmadik Mars-kompba átszálló asztronauták számára a létfenntartást a mentés végrehajtásáig.

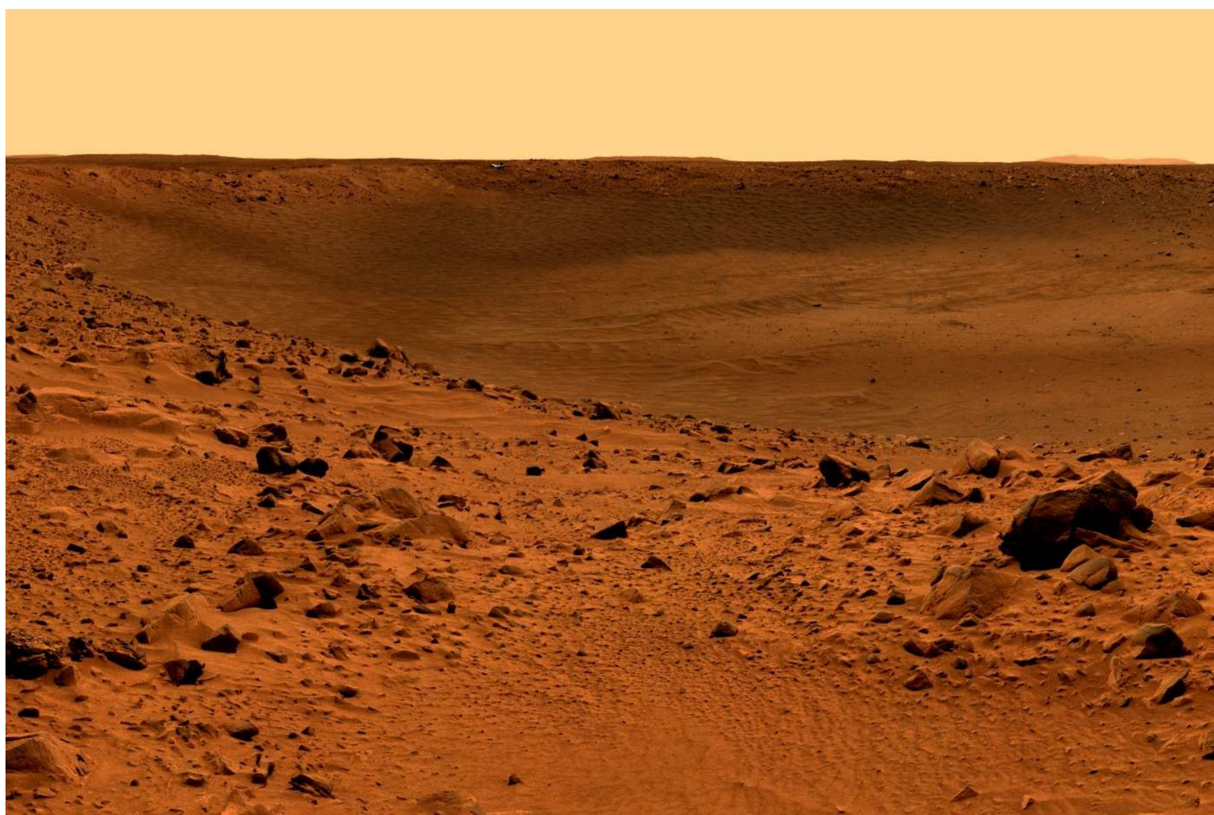
Mivel a harmadik Mars-komp szintén rendelkezne radioizotópos termoelektromos generátorral, ami elegendő energiát tudna termelni a Mars-komp kommunikációs berendezései számára, és ami elegendő hőt tudna leadni a Mars-komp személyzeti moduljában lévő élettérnek az optimális hőmérsékleten való tartásához, a landolás során fel nem használt folyékony oxigénnel pedig az asztronauták oxigénellátása is szinte a végtelenségig biztosítható, így a három asztronauta bár szűkösen és kényelmetlenül, de akár hosszú ideig is biztonságos körülmények között tudna várakozni a harmadik Mars-komp személyzeti moduljában.



172. Földmérők kerestetnek - NASA toborzó plakát (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

A mentőűrhajóként szolgáló harmadik Mars-komp összeszedésére több lehetőség is nyílna. Amennyiben egy ilyen baleset az elsőnek felszálló Mars-komppal történne, akkor a még mindig a Mars-bázisnál várakozó két másik asztronauta az egyik Mars felderítő járművel, és a rugalmas töltőkábellel ahhoz hozzácsatlakoztatásra kerülő nukleáris ellátómodullal odagurulna a landolás helyszínére, ahol az egyik erőforrás-elosztó csatlakozóján keresztül a Mars-kompot is hozzácsatlakoztatnák a nukleáris ellátómodulhoz, így annak folyamatos és bőséges energiaellátásával ez a három leszállóegység az ATHLETE robotlábaikon szépen lassan visszagurulhatna a Mars-bázishoz.

Egy másik lehetőség a harmadik Mars-komp összeszedésére, ha hajtóanyag-kompok landolnak a harmadik Mars-komp közelében. Amennyiben az elsőnek felszálló Mars-komppal történne a baleset, akkor a másik Mars-komp számára teljesen feltöltésre került hajtóanyag-kompok a Mars-bázistól egy rövid szuborbitális repüléssel percek alatt oda tudnának érni a balesetet szenvedett asztronautákhoz, amennyiben pedig a másodiknak felszálló Mars-komppal történne a baleset, akkor a gravitációs gyűrűnél történő újratöltésüket követően az újrafelhasználható hajtóanyag-kompok távirányítással újra belesüllyednének a Mars légkörébe, és a baleset helyszínének a közelében landolnának.



173. Bonneville becsapódási kráter a Marson (Kredit: NASA)

A Főnix-programban annyi folyékony hidrogén és folyékony oxigén rakéta-hajtóanyag kerülne a Mars-bázis kiépítésekor a nyolc hajtóanyag-komppal a Mars felszínére, amennyi három Mars-kompnak a felszállásához is bőven elegendő lenne, ráadásul a többi leszállóegységtől eltérően a hajtóanyag-kompok kerámia csempékből felépülő hővédőpajzsokkal rendelkeznének és ezáltal bármennyiszer újrafelhasználhatók lennénk, a gravitációs gyűrű szerkezetét alkotó kriogén tartályokban pedig a vészhelyzetekre és a visszaútra még rengeteg LOX/LH2 rakéta-hajtóanyag lenne tárolva, így szükség esetén a hajtóanyag-kompokkal pluszban is lehetne LOX/LH2 rakéta-hajtóanyagot a Mars felszínére lejuttatni.

Azáltal, hogy a Mars-kompok alaphelyzetükben csak két asztronautát szállítanának, miközben négyfősre lennének tervezve, hogy a Mars-kompok felszállásához két teljesen feltöltött hajtóanyag-komp is elegendő lenne, miközben négy rögzítő csomóponttal rendelkeznének, és hogy a hajtóanyag-kompokkal már eleve a szükségesnél jóval több rakéta-hajtóanyag kerülne a Mars-bázishoz lejuttatásra, az asztronauták nagyon sokféle vészhelyzetre tudnának rugalmasan reagálni, biztosítva a visszajutásukat a gravitációs gyűrűhöz.

Miután a Mars felszíni küldetés mindegyik asztronautája rendben megérkezett a gravitációs gyűrűhöz, az asztronauták felkészülnének a Földre való visszatérésre. Azonban mielőtt újra precízen beállítanák a gravitációs gyűrű súlypontját és újra beindítanák annak forgását, a Mars felszíni küldetésből kimaradt két asztronauta kőzetminták gyűjtése érdekében meglátogatná mindkét holdját a Marsnak.



174. A Mars egyik holdja, a Phobos (Kredit: NASA)

Mivel mind a Phobosnak, mind a Deimosnak elhanyagolható a saját gravitációja, ami miatt egy már ledobott másodlagos hővédőpajzsú Mars-komppal való landolás, és a holdak felszínén végrehajtott űrsétákkal való mintagyűjtés rendkívül körülményes lenne, mert folyamatosan fennállna a veszélye a felszínről való lesodródásnak, ezért az asztronauták a műszaki kiszolgáló űrhajóval közelítenék meg mindkét holdat, és a kőzetmintákat is a műszaki kiszolgáló űrhajó Canadarm robotkarjai segítségével gyűjtenék be.

A gravitációs gyűrű forgásának az elindítását követően a geostacionárius pályát elhagyva az asztronauták hazaindulnának a viszonylagos védelmet nyújtó alacsony Föld körüli pálya felé. Míg a Marshoz tartó mélyűri utazás energiatakarékos pályán történne, spórolva a folyékony hidrogén és folyékony oxigén rakéta-hajtóanyaggal az esetleges mélyűri vagy Mars felszíni vészhelyzetekre, addig a hazaút során már szinte a teljes rendelkezésre álló rakéta-hajtóanyag készlet felhasználható lenne, akár a töredékére csökkentve az odafelé közel kilenc hónapig tartó utazást.



175. NASA asztronauta a Mars felszínén (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Zárszó: Pillantás a jövőbe

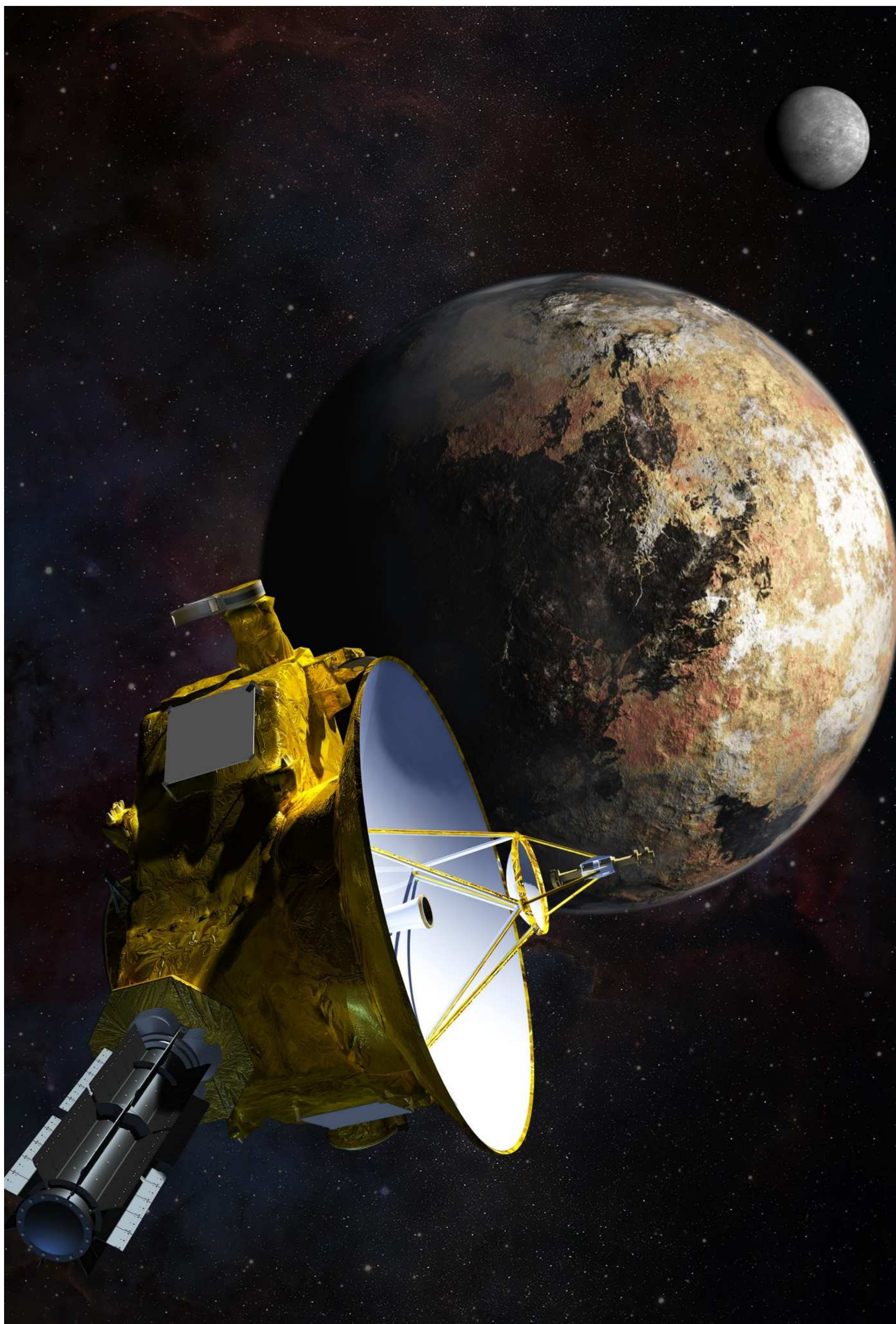
A Mars meghódítása alapvetően kétféle küldetésprofillal képzelhető el. Az egyszerűbbik a zászlós küldetés, aminél a legfontosabb cél az asztronauták felszínre érkezésének és egy zászló kitűzésének a közvetítése, szimbolikusan jelezve egy újabb bolygó meghódítását. Ehhez elég néhány feláldozhatónak tekintett asztronautát betuszkolni egy elégséges sugárzásvédelemmel és mesterséges gravitációval sem rendelkező űrhajóba, majd útnak indítani őket a Mars felszíne felé, remélve, hogy a hosszú küldetés alatt semmi nem jön közbe. A másik küldetésprofil a már sokkal komplexebb tudományos küldetés, aminél a Mars felszínére való érkezés csak egy újabb apró lépés a naprendszer titkainak a feltárásához, és az emberiségnek az űr felé való terjeszkedésének a beindításához.

Ebben a dokumentumban ez utóbbira törekedtem, így bár a Főnix-program a Mars meghódításához kapcsolódik, a program esetleges megvalósíthatósága és sikeressége esetén is úgy hiszem, hogy az emberiség számára a következő nagyobb lépés nem egy állandó Mars-kolónia létrehozása lenne.



176. Az Antarktisz tengeri és égi csodái (Kredit: NASA)

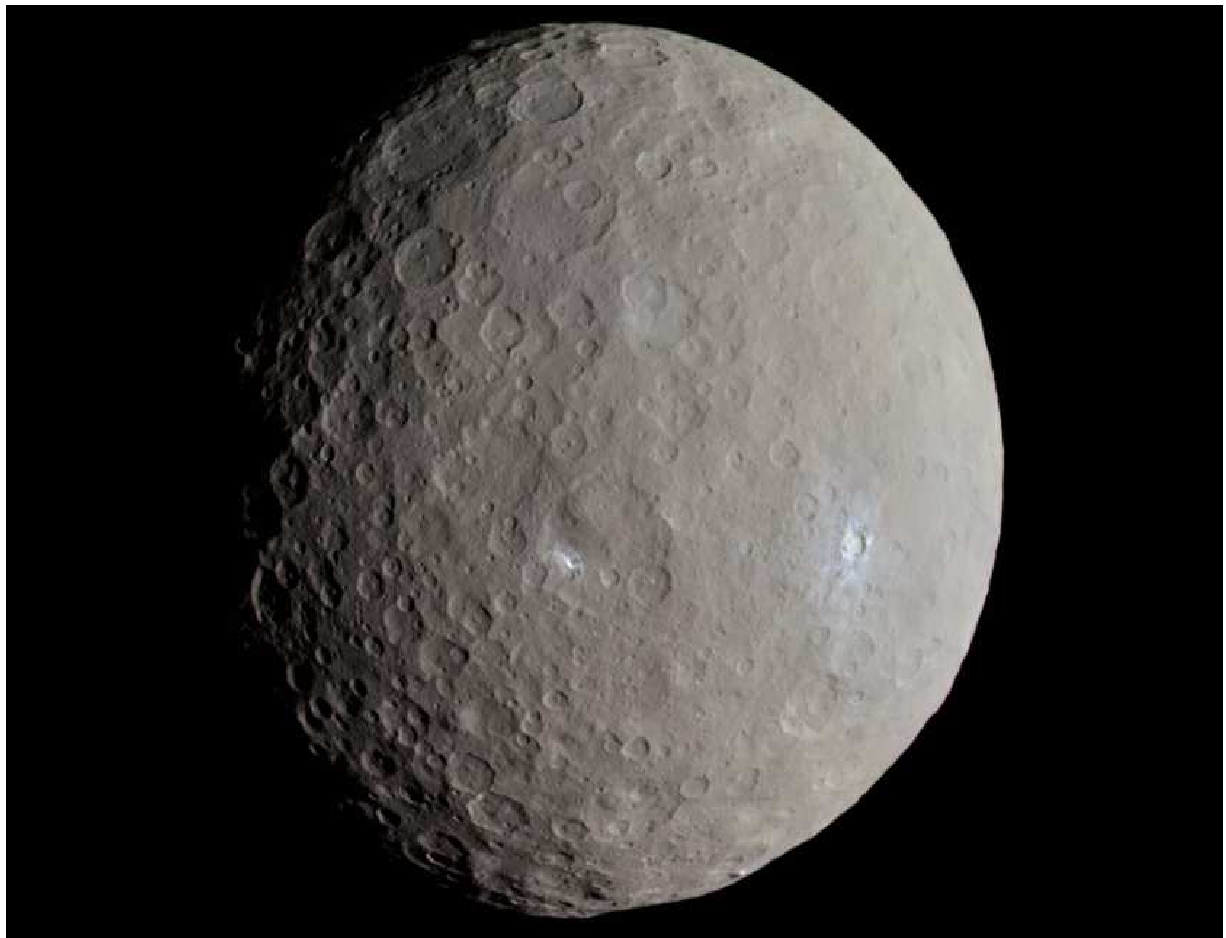
Ugyanis a Mars egy hideg és mérgező sivatag, és ahogy az ingerszegény környezetű Antarktiszon se épültek metropoliszok, úgy az erőforrásokban szegény Mars sem jelent valós alternatívát a földi élettel szemben. Ráadásul, még ha lennének is olyanok, akik vállalnák a veszélyes marsi életet egy felszín alatti bunker jellegű kolóniában, teljesen kiszolgáltatva a Földről biztosított rendszeres utánpótlásoknak, az anyagi források ennek megvalósításához mindig hiányozni fognak.



177. New Horizons űrszonda közeledik a Plútóhoz és legnagyobb holdjához, a Charonhoz (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

Ugyanis a jövőbeni emberes űrkutatási programoknak a megvalósításához a szükséges finanszírozási forrást elsősorban az aszteroidabányászat jelenti, a ritkaföldfémektől a hélium-3-on át a platináig az értékes anyagoknak a kitermelése és azoknak a Földre való eljuttatása, aminek a kiszolgálásához pedig elsősorban egy mesterséges gravitációjú forgó űrállomásra lenne szükség. A Főnix-programban létrehozásra kerülő gravitációs gyűrű ehhez már alkalmas lenne, lehetővé téve a földközeli aszteroidákban lévő értékes fémeknek a kinyerését.

Az így felpörgő technológiai fejlődés illetve az űriparon keresztül a tudományos célú űrkutatásba bevonzható bőséges anyagi források pedig megvalósíthatóvá tehetik egy újabb nagy lépés megtételét, egy állandó űrállomás létrehozását a Mars és a Jupiter között elhelyezkedő kisbolygóövben lévő Ceres törpebolygónál.

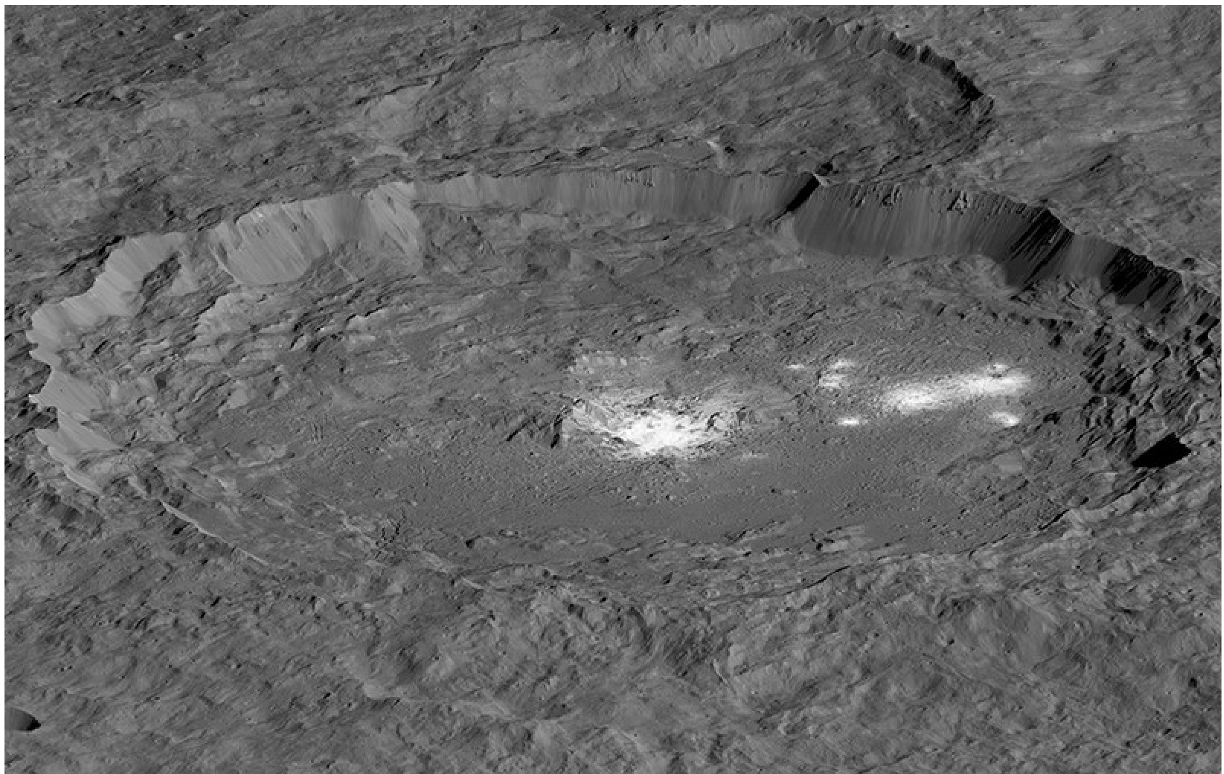


178. Ceres törpebolygó (Kredit: NASA)

Amennyiben a Ceres törpebolygó Occator-kráterében a felszín alatt a sós víz folyékony állapotban van, a kráterbe befúrva könnyen kitermelhető lenne a Ceres vízkészlete, lévén nem kellenének nukleáris erőművek a folyamatos hőtermeléshez és a felszín alatti vízjég megolvasztásához, a kitermelt vízmennyiség pedig a Ceres elhanyagolható gravitációjának köszönhetően egyszerűen feljuttatható lenne egy a törpebolygó körül keringő űrállomásra. Mivel a Ceres ezáltal korlátlan és könnyen hozzáférhető vízforrást jelente, így ennek a Ceres körül keringő űrállomásnak a lakógyűrűje már az akár egy kilométeres átmérőt is elérhetné, ami a lassú forgásával a földi gravitációt is képes lenne szimulálni anélkül, hogy a Coriolis-erő hatására fellépő állandó érzékszervi zavar akadályozná az asztronautákat a hétköznapjaikban.

Ennek a rendkívüli méretekkel rendelkező mélyűri űrállomásnak a lakógyűrűjét ötven méter átmérőjű felfújható űrállomásmoduloknak az egymáshoz való csatlakoztatásával lehetne létrehozni. Ezeknek a felfújható űrállomásmoduloknak a közepén helyezkednének el az űrállomás lakógyűrűjének a gerincét adó néhány méter széles folyosók, amik egy teljesen körbeérő, nyomás alatt lévő és hőszigetelt életteret adnának ki.

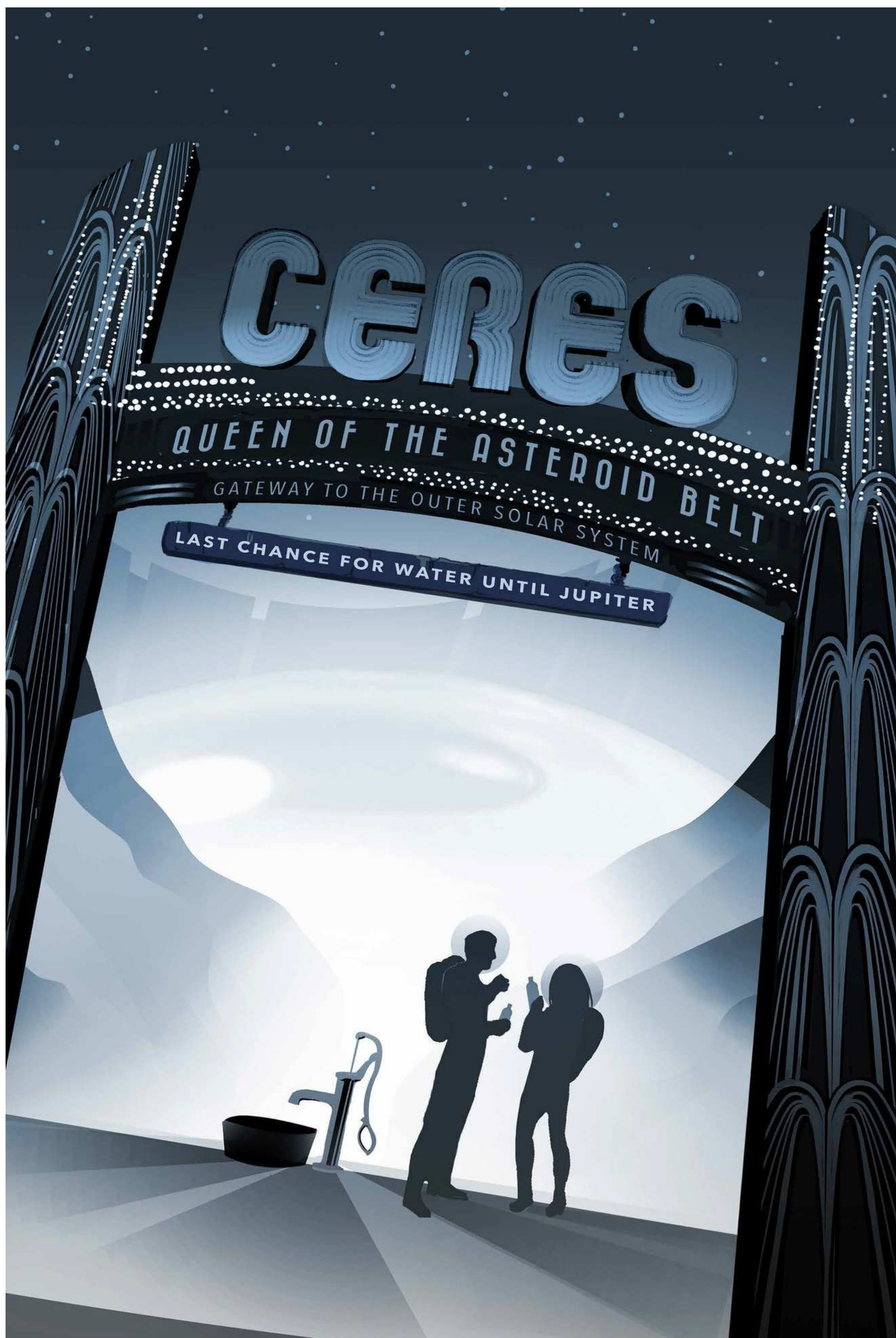
A felfújható űrállomásmodulok külső burkolata és a nyomás alatt lévő belső folyosók közötti teret pedig a Ceres törpebolygóról felhordott sós vízzel lehetne feltölteni, aminek a szállítása a Ceres minimális gravitációjának köszönhetően egyszerűen megoldható lenne akár kompokkal, akár egy űrlift segítségével.



179. Occator-kráter a Ceres törpebolygón (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

A felfújható űrállomásmodulokban így tárolt sós víznek a megfagyásával egy olyan szilárd struktúra jöhetne létre, amelyen belül tetszés szerint lehetne bármit elhelyezni pusztán a szükséges helynek a jégben való kiásásával. Ezáltal, ha például egy újabb hálóhelyiséget kell létrehozni, akkor a minden belső folyosóhoz hozzátartozó oldalirányba nyíló nyomásbiztos ajtók egyikénél csak ki kellene ásni a hálóhelyiség méreteinek megfelelő területet, az eredetileg összehajtogatott burkolatú hálóhelyiség-modult az így létrejövő üregbe behelyezni, majd azt a nyomásbiztos ajtóra rácsatlakoztatva a hálóhelyiség-modult felfújni és tetszés szerint berendezni.

Ez a Ceres törpebolygónál létrehozható állandó űrállomás a korlátlan vízutánpótlásnak köszönhetően már elég nagy kapacitásúra és sok tekintetben önfenntartóvá lenne tervezhető ahhoz, hogy több tucat vagy akár több száz asztronauta számára jelenthesse az otthont éveken keresztül, és mivel a víz ideális sugárzáselnyelő anyag, így ennek a forgó űrállomásnak a kozmikus sugárzás illetve a napkitörések elleni védelme is biztosított lehetne.



180. Ceres - JPL Jövőképek plakát (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)



181. 16 Psyche kisbolygó (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)

A korlátlan vízkészlettel rendelkezésre álló kifogyhatatlan folyékony hidrogén és folyékony oxigén rakéta-hajtóanyag utánpótlásnak a segítségével számtalan robotküldetés lenne indítható a Jupiter Europa holdjától a Szaturnusz Titan holdjáig a naprendszer minden fontosabb pontjára, miközben az űrállomás elsősorban aszteroidabányászati központként szolgálhatna, lévén a Főnix-program gravitációs gyűrűjéhez hasonlóan ez az űrállomás is egyszersmind egy mélyűri űrhajó is lenne, lehetővé téve a Psyche-hez hasonló fémes anyagú kisbolygóknak a kisbolygóövben való felkeresését.

De bármilyen álmok és lehetőségek mentén is alakul majd az emberes űrkutatás jövője, egy dolog biztos.

Nincs határ.



182. Szükségünk van rád - NASA toborzó plakát (Művészi koncepció) (Kredit: NASA)